



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för stad och land



HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING PÅ FÖRORENAD MARK

Idéer för Kopparlunden i Västerås

Alice Johansson
Examensarbete • 30 hp
Landskapsarkitektprogrammet, Ultuna
Uppsala 2014

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för stad och land, avdelningen för landskapsarkitektur, Uppsala
Examensarbete för yrkesexamen på landskapsarkitekturprogrammet 2014
EX0504 Självständigt arbete i landskapsarkitektur, 30 hp

Nivå: Avancerad nivå A2E

© 2014 Alice Johansson, epost: aliceellinor@gmail.com

Titel på svenska: Hållbar dagvattenhantering på förorenad mark - Idéer för Kopparlunden i Västerås

Title in English: Sustainable stormwater management on brownfields - Ideas for Kopparlunden, Västerås

Handledare: Kani Abu-Bakr, Institutionen för stad och land, SLU Ultuna

Examinator: Ann Åkerskog, Institutionen för stad och land, SLU Ultuna

Biträdande examinator: Petter Åkerblom, Institutionen för stad och land, SLU Ultuna

Fotografier, figurer och illustrationer: Samtliga fotografier, figurer och illustrationer är skapade av författaren, om inte annat anges. Övriga fotografier, figurer och illustrationer publiceras med upphovsmannens tillstånd.

Originalformat: Liggande A3

Nyckelord: Hållbar dagvattenhantering, förorenad mark, LOD

Online publication of this work: <http://epsilon.slu.se>

FÖRORD

Det här examensarbetet avslutar mina studier vid landskapsarkitektutbildningen på SLU Ultuna. Hur vi kan planera och utforma hållbara städer är något som har genomsyrat utbildningen och en viktig utmaning för framtiden. I det här examensarbetet har jag valt att fördjupa mig i hållbar dagvattenhantering och hur sådana lösningar kan integreras i stadsmiljön. Arbetet presenterar idéer för stadsdelen Kopparlunden i Västerås som jag hoppas kan inspirera och bidra till en fortsatt diskussion.

Jag vill här passa på att rikta ett stort tack till alla som bidragit med information och kunnande under arbetes gång. Särskilt tack till min handledare Kani Abu-Bakr för engagerad vägledning och Ingrid Legrell Crona på stadsbyggnadskontoret i Västerås som tillhandahållit material och svarat på frågor kring Kopparlunden och planarbetet.

Tack också till Ramböll i Uppsala för lån av kontorsplats i en inspirerande miljö och Anna Pettersson Skog på Sweco Environment AB för en givande diskussion kring dagvattenlösningar.

Slutligen vill jag tacka min familj för alla uppmuntrande ord längs vägen.

Uppsala 2014

Alice Johansson

SAMMANDRAG

Arbetets syfte är att undersöka hur man kan planera och utforma en hållbar dagvattenhantering på förorenad mark utifrån området Kopparlunden i Västerås. I Kopparlunden planeras en utveckling till en blandad stadsdel präglad av hållbara lösningar där dagvattenhantering blir en betydande del.

Hållbar dagvattenhantering är en viktig del i klimatanpassningen av stadsmiljön men också för att minska föroreningsbelastningen på sjöar och vattendrag. Öppna dagvattenlösningar använder naturens principer för att fördröja och rena dagvattnet så nära källan som möjligt, ofta genom infiltration. Genomtänkta och platsanpassade öppna lösningar kan skapa mervärden i stadsmiljön, till exempel biologiska, estetiska och upplevelsemässiga. Att dagvattenhanteringen diskuteras tidigt i planeringsprocessen är en viktig förutsättning för ett bra resultat liksom ett samarbete mellan olika yrkesområden. En anpassad växtbäddsuppbyggnad, dimensionering och växtval är exempel på aspekter som är relevanta i projekteringskedet.

På förorenad mark kan infiltration av dagvatten leda till att föroreningar sprids och dagvattenhanteringen måste därför anpassas. Referensprojekt från Emeryville i Kalifornien liksom Norra Djurgårdsstaden i Stockholm studeras för att visa på principer och lösningar för en sådan anpassning. Olika typer av täta växtbäddar med underliggande dränering har använts i projekten för att undvika infiltration, men även andra lösningar som gröna tak, avledning i rännor liksom uppsamling av takvatten för bevattning används.

Kopparlunden är ett industriområde med en lång historia och har ett starkt symbolvärde för Västerås. Idag består området av en välbevarad kärna med industribyggnader från tidigt 1900-tal

omgärdat av större industrierhallar och stora asfalterade ytor. Ett planprogram för Kopparlunden föreslår en utveckling av hela området till en blandad stadsdel och redovisar en övergripande struktur med stråk och platsbildningar. Utifrån föreslagna och befintliga karaktärer presenteras möjliga småskaliga dagvattenlösningar för området liksom idéer för hur de kan integreras i den tänkta strukturen. Att synliggöra dagvattenhanteringen och skapa mervärden i området är en viktig princip i förslaget samtidigt som dagvattenhanteringen anpassas till föroreningssituationen.

Sammanfattningsvis presenterar arbetet exempel på förhållningssätt och lösningar som kan användas på förorenad mark, men diskuterar även vilka mervärden dagvatten kan bidra till i stadsmiljön och hur lösningarna kan anpassas till en specifik plats karaktär och funktion.

SUMMARY

The aim of this thesis is to study how Stormwater Best Management Practices (BMPs) can be implemented on brownfield sites with soil contamination. The district Kopparlunden in Västerås, a town in central Sweden, is used as a case study area. The district is to be transformed into a mixed-use development where stormwater should be treated on site. The goal of the case study is to provide ideas for sustainable stormwater management by showing possible stormwater BMPs.

Research questions

What should be considered when introducing sustainable stormwater management on brownfield sites?

How can sustainable stormwater management be implemented in Kopparlunden taking in consideration the soil contamination as well as the municipality's visions for the area?

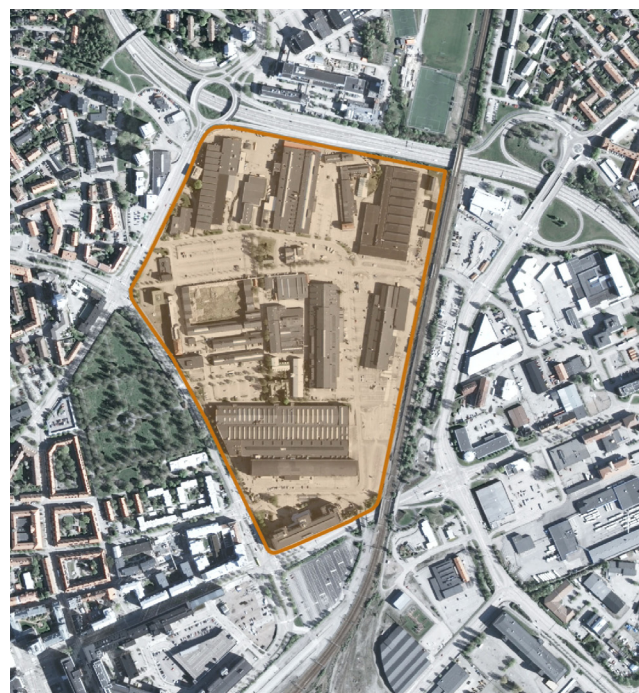
Methods

A literature review was conducted to provide an overview of sustainable stormwater management in general as well as practices that can be used on brownfield sites. It explores the practices of onsite management and control of stormwater using green infrastructure, brownfield remediation in general and what should be considered when implementing green infrastructures at brownfield sites.

To identify the latest techniques used to manage stormwater on redeveloped brownfield sites reference projects from Norra Djurgårdsstaden in Stockholm and the city of Emeryville in California were studied. Norra Djurgårdsstaden is a sustainable urban development project on a former brownfield site that borders the Royal National City Park with unique natural values.

In Emeryville a lot of abandoned industrial sites with high soil contamination have been successfully redeveloped as mixed-use, residential, retail and office developments using sustainable stormwater management practices. The handbook "Stormwater Guidelines for Green, Dense Redevelopment" has been developed by the city to provide stormwater principles and guidelines adapted to Emeryville's unique context.

The case study area Kopparlunden has been analyzed through site visits as well as maps and photos of the site. Various documents from the municipality with guidelines concerning the future development were studied to understand the proposed structure and design intentions as well as the opportunities to implement stormwater BMPs at the site. The knowledge gained from the literature review and the reference projects were then incorporated in the making of a proposal for sustainable stormwater management at the site.



The case study area Kopparlunden in Västerås

Background

To face the impacts of climate change cities must find ways to adapt to extreme weather events and shifting precipitation patterns. Stormwater runoff from impervious surfaces in urban areas has traditionally been led to storm sewers and drained to the receiving water without treatment. Insufficient capacity of the sewer systems can cause overflows during heavy rain events. To prevent flooding and to treat polluted runoff stormwater management systems and practices that use natural processes can be introduced. By weaving natural processes such as infiltration, evapotranspiration and detention of stormwater into the built environment, green infrastructure provides stormwater management and supports sustainable communities. Implementing green infrastructure practices where vegetation and soil is used at site to manage rainwater is a way to make urban areas climate ready and protect water resources from pollutants. Additional values such as recreational, aesthetical and ecological can be incorporated in the design of stormwater BMPs as the water is made visible in the urban environment.

Examples of Stormwater BMPs are green roofs, permeable pavements, infiltration facilities, rain gardens, vegetated swales, retention ponds and rainwater harvesting. Facilities are used in series to reduce and treat the runoff on site or to transport the stormwater in open drainage systems such as swales to large-scale facilities for detention downstream. Successful implementation of sustainable stormwater management requires collaboration between different disciplines and that possible solutions are considered early in the planning process.

Brownfield redevelopment may be complicated by the presence (or likely presence) of contami-

nation. Strategies for reducing or eliminating the risks of contamination include remediation methods such as removing contaminated soil, treating soils on site, placing a cap over contaminated areas or bioremediation practices. Infiltrating stormwater at contaminated sites may mobilize the contaminants and increase the risk of groundwater contamination. To identify the location and size of the contaminated area is crucial to the application of stormwater BMPs to find out if infiltration facilities can be used on site. At sites where infiltration practices are not advisable, it may still be possible to use BMPs such as green roofs, rainwater harvesting and biofiltration facilities to manage stormwater. Biofiltration systems should be designed with an impermeable liner and underdrains to prevent infiltration.

Reference Projects

The aim in Norra Djurgårdsstaden is to create a climate ready and green development by using a planning tool which promotes green infrastructures for stormwater treatment on site. A stormwater strategy has been developed suggesting street plantings with trees for stormwater retention. The plantings are design to balance the amounts of stormwater runoff with the water needs of the vegetation and pumice is used to increase the water-holding capacity of the soil. To prevent water to infiltrate a geotextile and underdrains are used. Structural soils are suggested for some of the planting to provide sufficient space for tree roots as well as increased stormwater storage capacity. Other BMPs proposed for the area are green roofs, rain gardens, open canals and rainwater harvesting.

Emeryville's Stormwater Guidelines handbook gives a lot of examples of green infrastructures for stormwater treatment such as green roofs,

structural soils, bioretention and infiltration facilities, permeable paving and water storage. Due to Emeryville's unique conditions with a high rate of contaminated soil and a high groundwater table all design solutions that involve infiltration should be equipped with underdrains connected to the storm sewer system. In the Glashaus and Oak Walk developments flow-through planters and tree boxes are used to temporarily store and treat stormwater as it filters through the soil material. Excess water is collected in an overflow pipe at the bottom of the planter connected to the sewer system.

The overall strategy for all projects is to use green infrastructure to reduce, capture and treat the runoff on site. They all show examples of stormwater facilities with an impervious layer to prevent infiltration and underdrains to collect excess water. In Emeryville concrete structures are used and for Norra Djurgårdsstaden a geotextile is proposed to prevent water to infiltrate. Impervious concrete structures are not commonly used in Sweden and need to have sufficient volumes to support vegetation. The different climate zones of the studied sites can be a way to explain the different solutions used as well as solutions available in the respective countries.

Summary

When implementing sustainable stormwater management on brownfield sites the following should be considered:

- Is there a part of the site that is not contaminated and where infiltration practices can be used? Buildings and other impervious surfaces can be strategically located to act as caps and provide space for infiltration in other parts.

- A stormwater management strategy should be incorporated in the planning process at an early stage.
- Reduce the amount of runoff by the use of green roofs and rainwater storage and transport excess water in impervious systems to treatment facilities downstream if there is insufficient space on site.
- Adjust facilities to prevent infiltration by using an impervious layer and underdrains.
- Dimension the systems to match expected runoff volumes and choose appropriate vegetation and design for the site.

The Case Study Area

Kopparlunden is located in the central parts of Västerås and has played an important role in the city's industrial development. The area used to be a closed industrial site but has later been redeveloped and now hosts offices, businesses and a cultural center. The inner parts contain examples of industrial architecture from the early 18th century with high cultural values while the outer parts are dominated by large-scaled industrial buildings from later periods and parking areas. Overall the site has a very high percentage of hardscaped areas.

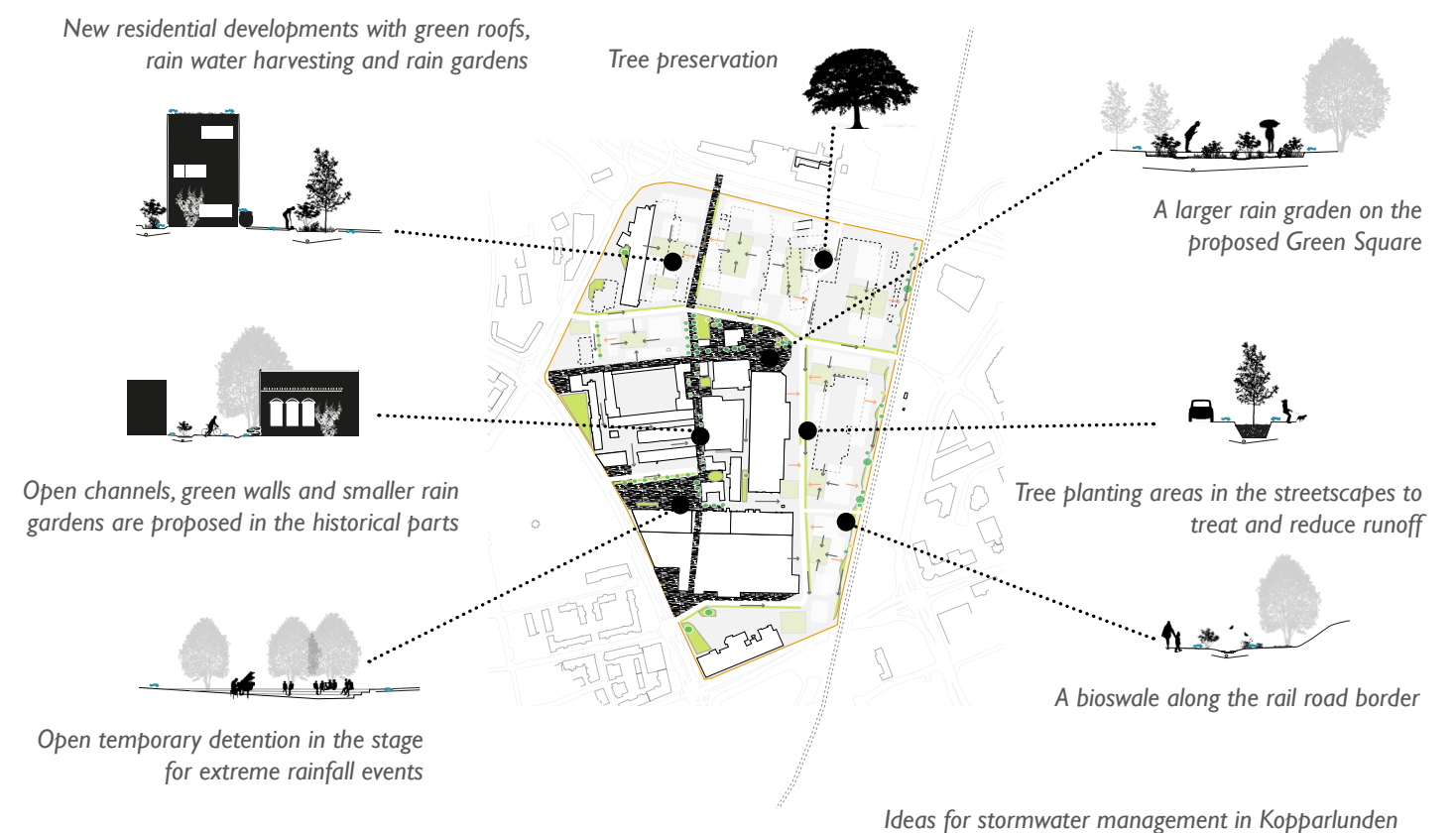
The municipality has formed guidelines of how to preserve the unique characters of the area in the future transformations into a mixed-use development. New constructions can be expected mainly in the outer parts with less cultural values. As the area is contaminated due to former industrial activities infiltration of stormwater is not allowed.

The proposal

Small scaled stormwater BMPs can be incorporated in the new structure to reduce the amounts of runoff and retain and treat the stormwater on site. The BMPs that are suggested for Kopparlunden are green roofs, green walls, rainwater storage, open channels and controlled flooding areas with multifunctional use. Swales, rain gardens, street plantings, ponds and permeable pavements can be used if designed with an impermeable liner and underdrains. Stormwater artwork and storage expressing the aesthetics of water are suggested to make stormwater a visible design component. The plan below shows a suggestion of how different stormwater BMPs can be used in Kopparlunden adapted to the proposed characters for the different parts.

Discussion

In summary this thesis presents examples of approaches and solutions that can be used on contaminated land and discusses the possible added values of sustainable stormwater management in urban areas. Adapted solutions that prevent infiltration can be used on brownfields to retain and treat the stormwater together with for example green roofs and rain water storage. Many of the guidelines that were outlined for brownfields can be said to apply for stormwater management in general. To raise the issue early in the planning process is essential as well as to work multi-disciplinary. The proposal for Kopparlunden shows ideas of how to integrate sustainable stormwater management on site, but the design possibilities are endless. To make the stormwater management an integrated part of the overall design is crucial and green solutions can contribute with additional values.



INNEHÅLL

INLEDNING

Syfte och mål	8
Frågeställning	
Avgränsningar	8
Metod	8
Litteraturstudie	
Referensprojekt	
Fallstudie Kopparlunden	9
Målgrupp	9
Begreppsförklaringar	10

BAKGRUND

Dagvatten i stadsmiljö	11
Hållbar dagvattenhantering	
Planering och gestaltning av dagvattenlösningar	
Föroreningar i dagvattnet	12
Växter i dagvattenhanteringen	13
Förorenad mark	13
Dagvattenhantering på förorenad mark	
Rekommenderade lösningar	14

REFERENSPROJEKT

Norra Djurgårdsstaden, Stockholm	15
Dagvattenhantering generellt	
Exempel från Norra Djurgårdsstaden	16
Lokalgata Dagvattenstrategin	
Erik Dahlbergsgata Dagvattenstrategin	
Kvarteret Stora Sjöfallet	17

Emeryville, Kalifornien	17
Dagvattenhantering generellt	
Exempel från Emeryville	
Glashaus Development	
Oak Walk Development	18
Jämförande diskussion	19

SLUTSATSER

Dagvattenhantering på förorenad mark, övergripande riktlinjer	20
--	-----------

FALLSTUDIE KOPPARLUNDEN

Introduktion till området	21
Förutsättningar	22
Områdets karaktär	
Kulturmiljövärden	23
Grön- och blåstruktur	24
Topografi	
Markförhållanden	
Planerad struktur	
Riktlinjer enligt planprogrammet	25
Dagvatten	25
Västerås dagvattenpolicy	
Dagvatten planprogrammet	
Dagvattenutredning Kopparlunden	26
Dagvattenkulverten	
Program	27
Framtida struktur	
Eterbehandlingsmetoder	
Dagvattenhantering	
Gestaltningaspekter	
Programpunkter	

Övergripande dagvattenhantering	28
Dagvattenlösningar områdesvis	
Förslag	29
Huvudstråket genom inre kärnan	30
Gröna torget	31
Kulturtorget	32
Biologiskt stråk	33
Gårdsmiljöer	34
Reflektion	35

DISKUSSION

Metodreflektion	36
Fallstudien	36
Begreppsprecisering	37
Dagvattenhantering på planeringsnivå	37
Framtida frågeställningar	37
Slutord	37

REFERENSER

Skriftliga källor	38
Figurförteckning	39

INLEDNING

Klimatförändringar med konsekvenser som högre temperatur och ökade nederbörds- mängder (SMHI 2009) kräver nya förhållningssätt och lösningar för att skapa en hållbar stadsmiljö. I klimatanpassning av våra städer ingår bland annat frågan om dagvattenhantering och hur den ska anpassas för att kunna hantera mer nederbörd och intensiva regn (Boverket 2010, s. 35). Öppna dagvattenlösningar som efterliknar naturens sätt att ta hand om regnvatten blir allt vanligare i stadsmiljön och omsorgsfullt gestaltade kan sådana lösningar bli attraktiva inslag i den urbana miljön vilka främjar både rekreation och ekolo- giska värden (Stahre 2004, s. 12).

Att kunna utforma hållbara lösningar för omhändertagande av dagvatten ser jag som en relevant del av landskapsarkitektens arbete och en utmaning för framtidens stadsutveckling och klimatanpassningen av stadsmiljön. Mitt intresse för ämnet väcktes under en utbytetermin vid Köpenhamns universitet hösten 2013, där prin- ciper för hållbar dagvattenhantering diskuteras flitigt i landskapsarkitektutbildningen. Ämnesvalet för examensarbetet grundar sig i ett intresse att fördjupa kunskaperna kring hållbar dagvattenhan- tering liksom att få möjlighet att omsätta dessa i ett eget förslag för ett aktuellt stadsbyggnads- projekt. Som fallstudieområde valdes stadsdelen Kopparlunden i Västerås, ett äldre industriom- råde som ska utvecklas till en blandad och tät stadsdel. En vision om att arbeta med öppna dagvattenlösningar i området uttrycktes i en förberedande medborgardialog kring områdets utveckling (Nyréns arkitektkontor 2013, s. 27) och blev min utgångspunkt för examensarbetet. Medborgardialogen har legat till grund för ett planprogram för området som arbetats fram under våren 2014. De industriverksamheter som funnits på platsen har lett till markföroreningar som gör att infiltration av dagvatten är olämpligt

inom området. Infiltration är annars en viktig princip vid utformning av hållbara dagvattenlös- ningar, men här krävs att dagvattenhanteringen anpassas efter områdets förutsättningar.

Eftersom många städer idag förtätas på äldre industriområden tycker jag att det är intressant att undersöka hur man kan arbeta med öppna dagvattenlösningar på förorenad mark generellt, för att kunna förena en framtida stadsutveckling med en klimatanpassad dagvattenhantering. Ge- nom studier av relevant litteratur och referens- projekt där markföroreningar ställt krav på dag- vattenhanteringen ges i det här examensarbetet en introduktion till möjliga tillvägagångssätt och lösningar, baserat på aktuella exempel. Lärdo- mar från litteraturstudier och referensprojekten testas sedan på fallstudieområdet. Resultatet är ett förslag för hur en dagvattenhantering med öppna lösningar kan utformas i Kopparlunden som hanterar både områdets förutsättningar och kommunens visioner.

SYFTE OCH MÅL

Syftet med arbetet är att undersöka hur man kan arbeta med hållbar dagvattenhantering på förorenad mark samt att utifrån vunna kunska- per föreslå en utformning av dagvattenhante- ringen för en konkret plats. Målet med arbetet är att undersöka och diskutera lämpliga lösningar samt omsätta kunskaperna i en fallstudie för att ge en ökad förståelse för ämnets komplexitet och övriga faktorer som måste vägas in vid en utformning.

Frågeställningar:

Vad ska man tänka på vid planering och utform- ning av en hållbar dagvattenhantering på förorenad mark?

Hur kan en hållbar dagvattenhantering utformas i

stadsdelen Kopparlunden utifrån förutsättningarna med förorenad mark liksom kommunens visioner för området?

AVGRÄNSNINGAR

Arbetet behandlar primärt dagvattenhantering på förorenad mark även om hållbar dagvatten- hantering beskrivs generellt som en introduktion till ämnet. Strategier för efterbehandling av föro- renade områden redovisas endast översiktligt med exempel på möjliga efterbehandlingmetoder. Dagvattenhantering på förorenad mark diskute- ras utifrån relevant litteratur samt referenspro- jekt från två områden: Norra Djurgårdsstaden i Stockholm och Emeryville i Kalifornien.

Förslaget för hur dagvattenhanteringen kan ut- formas avser stadsdelen Kopparlunden i Västerås utifrån de förutsättningar och avgränsningar för området som finns beskrivna i planprogrammet (Västerås stad 2014) liksom dagvattenutred- ningen för området (Geosigma 2013). Resultatet redovisas som en övergripande strategi med förslag på lösningar för att visa på möjligheterna i området utifrån det underlag som funnits att tillgå. Eftersom framtida markanvändning inte är fastställd är det svårt att uppskatta dagvatten- flöden och behövd magasinvolym för områdets olika delar. Att dimensionera lösningar så att avrinningen från området anpassas till uppställda krav blir aktuellt först i ett senare skede, lik- som exakt placering. Men förhoppningen är att arbetet kan bidra till inspiration och en fortsatt diskussion kring hållbar dagvattenhantering.

METOD

Här beskrivs de metoder som använts för uppsatsen utifrån dess olika delar: litteraturstu- die, referensprojekt och fallstudie, där den sista inkluderar metoder för inventering, analys, och förslagsframställning.

Litteraturstudie

Litteraturstudien om hållbar dagvattenhantering utgick i första hand från svensk litteratur, Peter Stahres och Svenskt Vattens utgivningar. Svenskt Vatten är en branschorganisation för vatten- tjänstföretagen inom Sverige med uppdrag att sprida kunskap och information inom ämnet och bedömdes därför som lämplig utgångspunkt för övergripande råd och riktlinjer. Peter Stahre, framliden hydrolog, anses som expert inom området och var drivande i användandet av blå- gröna lösningar i stadsmiljö. Litteraturstudien kring förorenad mark utgick ifrån Naturvårds- verket och Boverkets publikationer. Rapporter som behandlar dagvatten på förorenad mark från USA:s miljömyndighet Environmental Protec- tion Agency (EPA) har också använts då det var den litteratur som hittades inom ämnet. Även om utgångspunkten inte är svenska förhållanden, gjordes bedömningen att EPA:s rekommendatio- ner var intressanta att beskriva och diskutera.

Litteraturstudien utgick från material som använts under min utbildning vid SLU Ultuna samt Köpenhamns universitet, men en komplet- terande informationssökning gjordes via sök- motorn Google. Information har också sökts via artikeldatabaserna Primo samt Web of Science. De sökord som användes var främst begrepp som hållbar dagvattenhantering, förorenad mark, stormwater management + brownfield samt stormwater management.

Referensprojekt

För att få inblick i hur man hanterat dagvatten på förorenad mark gjordes en studie av både genomförda och planerade projekt. Att studera projekt kan många gånger fånga upp aktuell kun- skap i branschen som inte publiceras, men som ändå är relevant för professionen, vilket var min utgångspunkt för att genomföra studien.

Referensprojekt valdes från Emeryville i Kalifornien samt stadsdelen Norra Djurgårdsstaden i Stockholm. Förutsättningarna liknar i båda fallen de för Kopparlunden, då de är tidigare industriområden som har eller är på väg att omvandlas till bostadskvarter. Projekten studerades utifrån övergripande dagvattenstrategier, projektbeskrivningar, foton och planer samt kontakt med personer som varit eller är engagerade i projekten.

Norra Djurgårdsstaden har nämnts vid olika sammanhang under min utbildning på Ultuna, bland annat under kursen Tillämpad markvetenskap där Anna Pettersson Skog, från Sweco, höll en föreläsning om växtbäddsuppbyggnad i området. Jag kände på så sätt till att man arbetat med förorenad mark i detta projekt. Att undersöka ett större projekt med ett uttalat hållbarhetsmål var relevant då det förhoppningsvis ger upphov till nya förhållningssätt och lösningar. Jag har valt att titta på projekt som ingår i etappen Norra 2.

Från och med den tredje detaljplanen, Norra 2 med byggstart under 2014, har utbyggnaden till fullo planerats och projekterats med utgångspunkt i områdets beslutade miljöprofilering.
(Stockholm stad 2014, s.3)

Även om den här delen alltså inte är uppförd ännu valdes den ut eftersom dagvattenhanteringen bedömdes vara en stor del av miljöprofileringen och eftersom det också tagits fram en särskild dagvattenstrategi för området.

Emeryville nämns ofta i den litteratur från EPA som behandlar dagvattenhantering på förorenad mark och blev därför intressant att titta närmare på. Staden har arbetat mycket med utveckling av äldre, övergivna industritomter i centrala lägen och har utvecklat en dagvattenpolicy utifrån de speciella förutsättningarna som förorenad mark

ställer på dagvattenhanteringen.

Det var också relevant för mig att hitta andra exempel än de som ofta dykt upp som referenser under utbildningen, till exempel Portland, Oregon och Västra Hamnen i Malmö, för att få en bredare bakgrundsbild.

Samtal med Anna Pettersson Skog, hortom på Sweco Environment AB och en av dem som arbetat med dagvattenstrategin, genomfördes för att få en fördjupad förståelse för projekten i Norra Djurgårdsstaden och möjlighet att diskutera olika dagvattenlösningar på förorenad mark mer generellt med någon som har erfarenhet på området.

Fallstudie Kopparlunden

Arbetet med förslaget utgick från en analys av Västerås stads planprogram för Kopparlunden för att få en bild av stadsdelens planerade framtida utveckling och stadens visioner för området. En kompletterande inventering och analys av platsen gjordes genom platsbesök och studier av kartunderlag och foton. Dagvattenutredning för området liksom Västerås Dagvattenpolicy gav en bild av områdets förutsättningar och stadens riktlinjer och visioner för en framtida dagvattenhantering.

Samtal under arbetets gång med Ingrid Legrell Crona, planarkitekt på Stadsbyggnadskontoret i Västerås med ansvar för planprogrammet gav en kompletterande bild av stadens intentioner och en introduktion till idéerna för området innan planprogrammet blev offentligt.

Ett program sammanställdes utifrån en avvägning av inhämtat material för området liksom kunskaper från litteraturstudie och referensprojekt för att redovisa utgångspunkter för förslaget

och sammanställa lämpliga dagvattenlösningar för området. Utifrån planerade karaktärer och funktioner diskuterades lösningar för de olika delarna i ett framtida Kopparlunden. För att få inspiration till hur olika lösningar kan anpassas och gestaltas studerades en rad realiserade projekt.

MÅLGRUPP

Arbetet riktar sig till landskapsarkitekter och andra verksamma inom stadsbyggnad med intresse för dagvattenhantering. Förhoppningen är att arbetet ska väcka intresse för ämnet och bidra till en fortsatt diskussion.

BEGREPPSFÖRKLARINGAR

Begrepp som förekommer i uppsatsen förklaras här.

Svenska begrepp

Bio-retention: Den reningsprocess som sker när dagvattnet passerar genom vegetationslösningar, genom bland annat filtrering, biologiska och kemiska processer och växtupptag (Ciria 2007, s. 268). Regnbädd (rain garden) är ett exempel på en bioretentionslösning.

Dagvatten: Som dagvatten räknas ytavrinnande regn-, spol- och smältvatten som rinner på hårdgjorda ytor, eller på genomsläpplig mark via diken eller ledningar till recipienter eller reningsverk.

Evapotranspiration: Avdunstning från mark och ytvatten och växternas transpiration utgör tillsammans evapotranspirationen.

Grön infrastruktur: Används här som en direkt översättning av det amerikanska begreppet *Green Infrastructure* som syftar på system med vegetationslösningar för dagvattenhantering som efterliknar naturliga processer och hanterar dagvattnet på plats (EPA 2008).

Gröna tak: Vegetationstäckte på tak som minskar avrinningen genom att magasinera en del av nederbördsvattnet, tunna sedumtak är den vanligaste typen (Stahre 2004, s. 24).

Heat island-effekt på svenska även *urban värmeö-effekt:* Ett varmare lokalklimat inom stadsbebyggelsen än i omgivande landskap på grund av en hög andel värmelagrande material i staden och begränsat med vegetation som bidrar med en kylande effekt (Boverket 2010, s. 11).

Hållbar dagvattenhantering: Begreppet hållbar dagvattenhantering innebär ett synsätt som hanterar sociala, ekonomiska och ekologiska aspekter och utöver dagvattenhanterings kapacitet även

fokuserar på vattenkvalitet och hur dagvatten kan utnyttjas som ett positivt element i stadsmiljön (Stahre 2004, ss. 11-12).

Infiltration: Den process då nederbördsvattnet, istället för att rinna av på ytan, tränger ner i marken.

LOD: Lokalt omhändertagande av dagvatten, alltså på den plats de uppstår. Används av till exempel Stahre (2004, s. 19) endast för omhändertagande på privat mark, men avser här lösningar lokalt även på allmän plats.

Permeabel beläggning: En vattengenomsläpplig beläggning, till exempel hålad marksten eller genomsläpplig asfalt.

Recipient: Ytvatten eller grundvatten som är slutgiltig mottagare av dagvatten.

Regnbädd: Används i förslaget för Kopparlunden för att beskriva en växtbädd för fördröjning och rening av dagvatten motsvarande rain garden.

Svackdike: Ett grunt dike med flacka slänter, ofta gräsbeklätt, för transport och eventuellt infiltration av dagvatten (Svenskt vatten 2011, s. 69).

Öppen dagvattenhantering: Dagvattenanläggningar för omhändertagande, fördröjning och magasinering som utnyttjar naturens eget sätt att ta hand om nederbördsvattnet i helt eller delvis öppna system. Ekologisk dagvattenhantering liksom lokal dagvattenhantering är begrepp som ofta används synonymt (Stahre 2004, s. 19).

Engelska begrepp

Engelska begrepp har använts då jag utgått från engelsk litteratur och beskrivningar och de funnits en osäkerhet kring ett korrekt motsvarande begrepp på svenska.

Rain garden: Växtbädd för fördröjning och rening av dagvatten med växter anpassade till både väl-dränerad jord och tillfälligt stående vatten, kallas även *bioretention area* (Clean Water program 2013, ss. 89-91). Svenska översättningarna som förekommer är regngård, regnbädd liksom biofilter.

Flow-through planter: Slutna växtbäddar, ofta en betongkonstruktion, där vattnet fördröjs och renas genom bioretention utan att infiltrera till underliggande mark. Istället samlas överskottsvatten upp i ett dränerande lager och leds bort via underliggande dränering (Clean water program 2013, s. 95).

Tree box/tree well filter: Växtbäddslösning för träd eller buskar med ett växtbäddsmaterial anpassat för bioretention i en betongkonstruktion (Clean water program 2013, s. 100).

SUDS: Sustainable Urban Drainage Systems, det brittiska begreppet för hållbar dagvattenhantering.

BAKGRUND

Nedan ges en bakgrund till begreppet hållbar dagvattenhantering, vilka lösningar det inkluderar samt hur sådana lösningar kan användas för att anpassa städer till ett förändrat klimat. Aspekter som är viktiga att ta hänsyn till när man som landskapsarkitekt gestaltar och planerar för dagvattenhantering introduceras, liksom användandet av vegetation i dagvattenlösningar. Slutligen ges en introduktion till stadsutveckling på förorenad mark med olika efterbehandlingsåtgärder liksom riktlinjer för planering av dagvattenhantering på förorenad mark.

DAGVATTEN I STADSMILJÖ

Urbanisering leder till en ökning av hårdgjorda ytor där nederbördsvattnet inte kan infiltrera naturligt utan istället ger upphov till dagvatten som måste avledas från bebyggelsen, normalt i slutna ledningar (Stahre 2004, s. 9). Dagens ledningsnät är i våra större städer ofta överbelastat och inte dimensionerat för att klara kraftigare regn (Stahre, s. 9). Då vi i Sverige i framtiden kan räkna med en ökad nederbörds mängd och intensivare nederbördsstillfällen till följd av klimatförändringar (SMHI 2009) blir dagvattenfrågan en viktig aspekt i klimatanpassningen av våra städer. Både för att undvika problem med översvämningar och skador på byggnader liksom överbelastningar av avloppssystemet. Istället för att öka ledningsnätets kapacitet kan man, som en del av en långsiktigt hållbar dagvattenhantering, minska tillförseln av dagvatten till ledningssystemet genom lösningar för lokal fördröjning (Stahre 2004, s. 9). I ett hållbarhetsperspektiv är det även aktuellt att diskutera krav på rening av föroreningar i dagvattnet liksom hur dagvattenhanteringen kan integreras som ett positivt element i stadsmiljön (Stahre 2004, s. 12). I The SUDS manual utgiven av Ciria tas även främjandet av biodiversitet upp som en viktig del i hållbar dagvattenhantering (2007, s. 39).

Hållbar dagvattenhantering

I en långsiktigt hållbar dagvattenhantering används öppna dagvattenlösningar som utnyttjar naturens eget sätt att ta hand om nederbörd genom fördröjning och rening (Stahre 2004, s. 19). Avrinningen kan minskas genom infiltration av dagvatten, fördröjning i underjordiska magasin eller dammar, avledning i öppna kanaler eller slutna system samt genom uppsamling av regnvatten vid källan (Ciria 2007, s. 51). Infiltration bidrar till att återställa vattnets naturliga kretslopp och bilda grundvatten, men infiltrationskapaciteten varierar mellan olika jordarter och rekommenderas inte där det finns risk för spridning av föroreningar till grundvattnet (Ciria 2007, s. 51).

Öppna dagvattenlösningar delas av Stahre in i fyra kategorier: Lokalt omhändertagande, Fördröjning nära källan, Trög avledning samt Samlad fördröjning. Se figur 1.

Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) är enligt Stahre (2004, s. 21) lösningar på privat mark som minskar eller fördröjer dagvattenavrinningen vid källan. Gröna tak som minskar avrinningen från takytor, infiltration i vegetationsytor eller genomsläppliga beläggningar, uppsamling eller magasinering av dagvatten, samt fördröjningsdammor är exempel på lösningar.

Fördröjning nära källan är lösningar för fördröjning av dagvatten på allmän platsmark i början av avrinningskedjan, ofta liknande de för LOD (Stahre 2004, s. 21). Infiltrationsytor, genomsläppliga beläggningar, tillfälliga översvämningssytor liksom dammar och våtmarker är exempel på lösningar.

Trög avledning är lösningar för långsam transport av dagvatten, ofta i öppna system, som sker på allmän platsmark (Stahre 2004, s. 21). Genom att

leda dagvattnet i svackdiken och öppna kanaler sker infiltration eller avdunstning innan dagvattnet leds vidare till ledningsnätet eller recipient.

Samlad fördröjning är öppna lösningar på allmän platsmark som tar hand om dagvatten från ett större avrinningsområde och innefattar till exempel dammar och våtmarksområden (Stahre 2004, s. 21).

Stahre använder alltså begreppet LOD enbart för lösningar på privat mark vilket han menar ger en tydligare bild av ansvarsgränserna, då lokalt omhändertagande blir synonymt med privat omhändertagande (2004, s. 23). Men LOD används ibland för alla dagvattenlösningar som fördröjer dagvatten i den övre delen av avrinningskedjan. Handlingsplanen för dagvatten i Västerås förklarar begreppet så här:

Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) används numera ofta som en samlande benämning på olika åtgärder för att minska eller fördröja dagvattenavrinningen lokalt från pri-

vat och kommunal mark innan vattnet tillförs det allmänna dagvattensystemet.
(Västerås Stad, Mälarenergi 2014, s. 21)

Uppdelningen i kategorierna LOD och Fördröjning nära källan kan därför inte anses allmänt vedertagen.

Mindre lösningar för att ta hand om dagvatten lokalt och nära källan är oftast mer kostnadseffektiva och att föredra framför mer storskaliga lösningar i slutet av avrinningskedjan (Ciria 2007, s. 50).

Planering och gestaltning av dagvattenlösningar

Svenskt vatten (2011, ss. 16-18) menar att Sveriges kommuner måste ta hänsyn till de konsekvenser ett framtida förändrat klimat kan leda till och beakta aspekter som bedömda framtida vattennivåer, begränsningar i befintligt VA-nät liksom planera för utrymmen för ytlig avledning vid kraftiga nederbördsstillfällen.

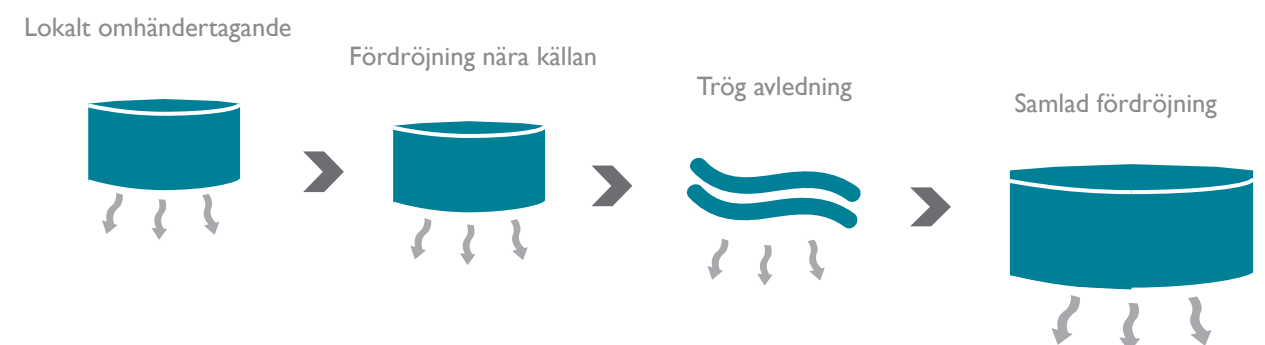


Fig. 1. Kategorier för öppna dagvattenlösningar, efter Stahre 2004, s. 19

I rapporten *Mångfunktionella ytor - Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur* (Boverket 2010) diskuteras hur våra städer kan klimatanpassas för att möta framtida utmaningar:

”Gröna tak, vegetationsklädda husväggar, gatuträd, torg, fickparker, översilningsängar, infiltrationsbäddar och annan fördröjning av vatten kan bli en del av de goda mellanrummen i staden – mångfunktionella genomsläppliga ytor med sociala och ekologiska kvaliteter som bidrar till människors hälsa och välbefinnande. I arbetet med klimatanpassning av den befintliga bebyggelsen är det angeläget att synliggöra grönstrukturens avgörande betydelse.”

(Boverket 2010, s. 7).

Att planera för öppna dagvattenlösningar som en del av stadens grönstruktur är alltså en viktig del i klimatanpassningen. Stahre (2004, s. 10) påpekar att användandet av öppna lösningar inte ersätter en utbyggnad av ledningsnätet. Det ena angreppssättet utesluter inte det andra, utan de kompletterar varandra och vilken metod som passar bäst avgörs från fall till fall. För att lyckas med en hållbar dagvattenhantering är det viktigt med ett brett samarbete över olika yrkesområden och att möjliga lösningar diskuteras tidigt i planeringsprocessen (Svenskt vatten 2011, s. 21). Öppna lösningar kräver tillgång till stora ytor, men går ofta att kombinera med till exempel rekreation om de planeras på rätt sätt (Boverket 2010, s. 37).

Med en omsorgsfull gestaltning och anpassning av dagvattenlösningar till den aktuella platsen kan de bli attraktiva inslag i stadsmiljön. Stahre (2004, s. 13) beskriver möjliga positiva värden som en öppen hantering ger upphov till inom katego-

rierna Tekniska, Estetiska, Biologiska, Ekologiska, Miljömässiga, Pedagogiska, PR-mässiga, Historiska, Kulturella, Rekreativa samt Ekonomiska. Öppna dagvattenlösningar kan tillföra miljömässiga värden genom att bidra till biologisk mångfald och genom att dagvattnet renas från föroreningar när det passerar igenom lösningen (Stahre 2004, ss. 13-14). Historiska och kulturella värden kan handla om att ge anläggningen ett symbolvärde genom att återskapa ett historiskt vattendrag eller annan vattenanläggning (Stahre 2004, s. 16). Rekreativa värden gäller främst större dagvattenlösningar, men mindre lösningar kan ge estetiska mervärden till ett område genom att utnyttja vatten och vegetation på ett tilltalande sätt. Att introducera hållbara dagvattenlösningar ger ofta ett PR-värde för området och kommunen där det anläggs (Stahre 2004, s. 16). Områden som Västra Hamnen i Malmö, där öppna lösningar genomgående används, har till exempel nått internationell ryktbarhet, se figur 2 och 3. Det pedagogiska värdet ligger i synliggörandet av vattnets kretslopp och öppna lösningar kan bidra till både lärande och lek (Stahre 2004, s. 15).

Ett designexperiment utfört vid Köpenhamns universitet visar på viktiga aspekter att ta hänsyn till vid gestaltning av dagvattenlösningar. Landskapsarkitekter i sex team fick i uppdrag att ta fram ett förslag för dagvattenhanteringen på en utvald plats och utmaningarna de ställdes inför analyserades. Resultatet (Backhaus A., Dam T. & Jensen M. 2012, s. 42) visar att dimensionering och kostnadsuppskattning för olika anläggningar liksom växtval och metoder för förbättrad vattenkvalitet är områden där mer forskning och kunskapsspridning behövs. Att dimensionera en anläggning så att den fungerar både vid torra förhållanden liksom vid extrema nederbördstillfällen är en stor utmaning och många av dagens befintliga anläggningar upplevs som överdimen-

sionerade (Backhaus A., Dam T. & Jensen M. 2012, s. 29). Att ta hänsyn till platsens specifika förutsättningar som terräng, ägarförhållanden, avrinningsområden samt markanvändning och karaktär är andra viktiga aspekter att inkludera i gestaltningen av dagvattenlösningar vilka undersöks för varje projekt (Backhaus A., Dam T. & Jensen M. 2012, s. 41).

Föroreningar i dagvattnet

Dagvatten tar lätt upp olika typer av föroreningar som sediment, oljerester, tungmetaller och organiska föreningar (Ciria 2007, s. 43). Föroreningarna kan komma från exempelvis väg- och däckslitage, avgaser, vägsalt, oljespill, förbränning, fria metallytor som tak och atmosfäriskt nedfall (Västerås Stad, Mälarenergi 2014, s. 15). Föroreningsbelastningen varierar beroende på vilket typ av yta som dagvattnet passerar, hårt trafikerade ytor och industriområden kan ge upphov till höga föroreningshalter medan belastningen är lägre från bostadsområden och grönområden (Svenskt vatten 2011, s. 23). Behovet av rening avgörs av förmodad föroreningsbelastning utifrån markanvändningen samt recipientens känslighet (Svenskt vatten 2011, s. 23). Rening av dagvattnet kan ske genom olika naturliga processer som upptag av vegetation, sedimentering, filtrering, biologisk rening, eller infiltration genom marken (Ciria 2007, s. 53). Reningen är ofta beroende av att dagvatten fördröjs, eftersom en längre upphållstid ökar sedimentation av förorenat material samt att föroreningar då binds upp i högre utsträckning (Geosigma 2013). Olika dagvattenlösningar ger olika hög reningsgrad, infiltrationsanläggningar ger generellt högst, men fördröjningsdammar, våtmarker och översilningsytor ger också en god reningseffekt (Västerås Stad, Mälarenergi 2014, s. 20). Riktvärden för föroreningshalten i dagvatten är en komplex fråga, dels varierar halterna under året men



Fig. 2. Dagvattenränna i Västra Hamnen, Malmö.
Foto: Sofia Sjödén



Fig. 3. Uppsamlingspunkt för dagvatten i Västra Hamnen, Malmö



Fig. 4. Dagvattendamm med växter Foto: Sofia Sjödén

det saknas även kunskap kring till exempel hur föroreningshalten i dagvattnet påverkar halterna i ytvatten (Västerås Stad, Mälarenergi 2014, s. 21). Ett förslag på riktvärden som ofta hänvisas till presenteras i rapporten *Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp* från Riktvärdesgruppen vid Regionplane- och trafikkontoret, Stockholms läns landsting (2009).

Växter i dagvattenhanteringen

Användningen av växter spelar en viktig roll i dagvattenhanteringen, både ur ett estetiskt perspektiv och för rening och fördröjning av dagvatten (Svenskt vatten 2011, s. 87). Träd konsumerar till exempel stora mängder vatten samtidigt som de fångar upp och fördröjer regnvatten i lövverket (Svenskt vatten 2011, s. 89). Svenskt vatten (2011, s. 88) betonar vikten av att planera för att ge växterna goda förutsättningar samt välja robusta arter som både klarar tillfällig översvämning samt längre perioder av torka.

Ska dagvatten ledas till en växtbädd krävs att jorden har god dränerande förmåga och att överskottsvatten kan ledas bort, då för mycket vatten kan leda till fyllda luftporer och syrebrist för växterna (Stockholm stad Trafikkontoret 2009, s. 13). Högt ler- eller siltinnehåll i jorden ger en sämre infiltrationförmåga och rekommenderas därför inte vid infiltration av dagvatten. Högt lerinnehåll gör också jorden känslig för höga saltkoncentrationer, då porerna lätt slammar igen, vilket är en viktig aspekt där salt används för halkbekämpning vintertid (ibid). Vid projektering av växtbäddar i dagvattenhanteringen är balansen mellan mängden nederbörd, avvattnad yta, växtbäddsvolym och plantvolym viktig liksom relationen mellan växtbäddens vattenhållande förmåga och tidsintervall mellan regntillfällen (Stockholm stad 2011b, s. 7). Växtbäddens uppbyggnad styr hur mycket vatten som kan lagras

mellan nederbördstillfällena och vattenbehovet varierar beroende på växtval (Stockholm stad Exploateringskontoret 2011, s. 11). För att skapa goda förutsättningar krävs ett växtbäddsmaterial som har god vattenhållande förmåga och samtidigt är genomsläppligt för att undvika att vatten blir stående på ytan för länge (Stockholm stad 2011b, s. 6).

FÖRORENAD MARK

Förorenade områden förekommer ofta där det tidigare funnits industriell verksamhet, deponier eller liknande och föroreningarna kan återfinnas i marken, grundvattnet, sediment eller byggnader (Naturvårdsverket, Boverket 2006, s. 13). Det finns idag många förorenade områden på attraktiva platser för stadsutveckling, till exempel på äldre industri- eller hamnområden i centrala lägen. Föroreningarna kan där utgöra ett framtida hot för både människors hälsa och miljön. Innan ett förorenat område byggs ut måste det efterbehandlas, genom att föroreningar avlägsnas eller på annat sätt kontrolleras (ibid). Det är viktigt att samordna efterbehandlingen med den fysiska planeringen:

“Fysisk planering är ett utmärkt redskap för att påbörja arbetet med att minska miljöbelastningen från förorenade områden inte minst därför att planeringen kan medverka till att få fram pengar för efterbehandlingen. Detta genom att en ny plan med ökad byggrätt höjer områdets värde varvid kostnaderna för efterbehandlingen helt eller delvis kan bäras av exploateringen.”

(Naturvårdsverket, Boverket 2006, s. 13)

Vid detaljplanering måste eventuella föroreningar alltid beaktas, men efterbehandlingsåtgärder kan vara aktuella även om området inte ska planläggas beroende på föroreningarnas omfattning och

riskklassning (Naturvårdsverket, Boverket 2006, s. 21). Efterbehandlingen är ofta en komplex process och kan genomföras med en rad olika åtgärder, vilken eller vilka som är lämpliga avgörs från fall till fall (Naturvårdsverket Boverket 2006, s. 22). Det handlar i första hand om åtgärder som reducerar föroreningskällan eller i andra hand skyddsåtgärder som begränsar spridnings- och exponeringsriskerna när föroreningshalten på en plats är högre än lämpligt (Naturvårdsverket 2009, s. 51). Vanliga åtgärder för att reducera föroreningen är schaktning av förorenad jord för behandling eller deponering på annan plats (*ex situ*), destruktion, separation eller koncentration av föroreningar på plats (*in situ*) samt inneslutning av föroreningar *in situ* som förhindrar spridning (Naturvårdsverket 2009, s. 131). Marken kan även renas genom så kallad fytoextraktion, där växter planteras som tar upp och lagrar föroreningarna (Naturvårdsverket 2009, s. 138).

Vilken metod som används avgörs bland annat av typ av förorening, föroreningens omfattning samt planerad framtida markanvändning (Naturvårdsverket 2009, ss. 57-59). Att använda fytoextraktion är till exempel en tidskrävande process vilket kan vara begränsande för den tänkta markanvändningen (Naturvårdsverket 2009, s. 82).

Dagvattenhantering på förorenad mark

USA:s miljömyndighet Environmental Protection Agency (EPA) har ett särskilt program som ger råd och ekonomiskt stöd vid omvandling av industrimark och har tagit fram riktlinjer för dagvattenhantering på förorenad mark. Grön infrastruktur kan användas för att reducera och avleda dagvatten genom infiltration, evapotranspiration eller uppsamling istället för ett traditionellt dagvattensystem med brunnar och ledningar (EPA 2008). Att infiltrera dagvatten i marken har ofta positiva effekter, men kan på förorenad

mark öka risken för att föroreningar sprids till grundvattnet (EPA 2013).

Vid planering av dagvattenhantering på ett äldre industriområde är det viktigt att undersöka var det kan finnas föroreningar och omfattningen av dessa. På delar som inte är förorenade, eller där marken kan renas och föroreningarna avlägsnas kan det vara lämpligt med infiltrationslösningar lokalt (EPA 2013). Om marken innehåller urlakningsbenägna eller vattenlösliga föroreningar är infiltration inte att rekommendera på eller i närheten av det förorenade området, eftersom dessa föroreningar lätt sprids (EPA 2013). Infiltration är inte heller att rekommendera om grundvattnet är förorenat, eftersom det kan resultera i ökad rörlighet hos föroreningarna (EPA 2013).

Ett, enligt EPA (2013), vanligt angreppssätt för att förhindra infiltration är att täcka över den förorenade ytan med ett tätskikt eller att placera byggnader eller parkeringsytor över det förorenade området. Vertikala barriärer i marken kan också användas för att förhindra att föroreningar sprids i sidled inom området (EPA 2013). Utformning av dagvattenhanteringen måste göras med hänsyn till de efterbehandlingsåtgärder som används för ett område. Om vertikala barriärer installeras kan de påverkas negativt om dagvatteninfiltration sker i närheten då det hydrauliska trycket kan öka vilket på sikt kan minska barriärens effekt (EPA 2013). Ofta är det bättre att använda sig av metoder för fördröjning och rening liksom uppsamling av dagvatten där marken är förorenad, vilket normalt är tillräckligt för att uppnå en god dagvattenhantering på platsen (EPA 2013).

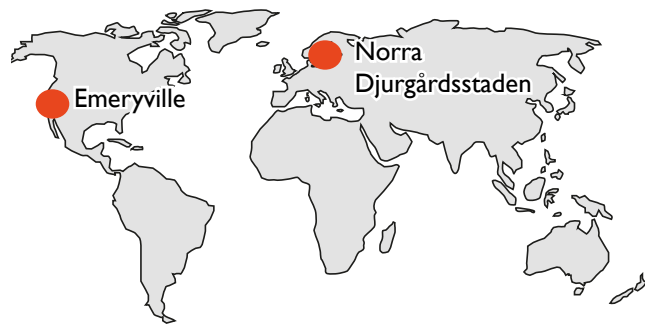
Rekommenderade lösningar

Det går att använda dagvattenlösningar som inte utnyttjar direkt infiltration på förorenad mark. Lösningar för bioretention som rain gardens och växtbäddar där vatten normalt infiltreras kan utformas med ett tätskikt och underliggande dränering som för bort överskottsvatten (EPA 2008). Genom att dagvattnet filtreras genom växtbädden sker både rening och fördröjning innan överskottsvattnet leds vidare (EPA 2013). Hårdgjorda ytor liksom byggnader kan som nämnts placeras strategiskt för att täcka över mindre förorenade ytor och möjliggöra infiltration av dagvatten där det inte förekommer föroreningar (EPA 2008).

Att behålla befintliga träd på platsen, liksom nyetablering av träd och annan vegetation är andra lösningar som EPA (2008) rekommenderar då det minskar den totala avrinningen genom att fånga upp regnvatten i bladverk liksom vattenupptag genom rötterna. Gröna tak är en annan lösning som föreslås för att minska avrinningen från takytor liksom olika metoder för att samla in och använda takvatten för till exempel bevattning eller WC-spolning (EPA 2008).

Att se över dagvattenhanteringen i områden som angränsar till den förorenade marken rekommenderas för att säkerhetsställa att inte dagvatten från dessa ytor rinner in på området (EPA 2008).

REFERENSProjekt



Här beskrivs referensprojekt från Norra Djurgårdsstaden, Stockholm samt Emeryville, Kalifornien för att visa exempel på hur dagvattenhanteringen har utformats på områden där det förekommer markföroreningar.

NORRA DJURGÅRDSSTADEN

Norra Djurgårdsstaden är ett stadsutvecklingsområde i nordöstra Stockholm, se figur 5, med visionen att bli en miljöstadsdel i världsklass (Stockholm stad 2012, s. 9). Ett av de övergripande miljömålen för stadsdelen är en klimatanpassad och grönskande utemiljö där dagvattenhanteringen är en betydande del (Stockholm stad 2010, s. 18). För detaljplanområdet Norra 2 har en dagvattenstrategi med principlösningar och riktlinjer tagits fram. Utvecklingen sker på äldre industrimark där marken delvis är förorenad och dagvatten kommer därför inte kunna infiltreras till grundvattnet (Stockholm stad 2012, ss. 11-13). Planeringsverktyget Grönytefaktorn används



Fig. 5. Norra Djurgårdsstadens läge i Stockholm

inom utvecklingsprojektet för att uppnå målen för utemiljön och där ställs krav på att fastigheter och allmän mark uppnår en viss grönytefaktor enligt ett framtaget poängsystem. Olika typer av grönytor och gröna och blå element i gårdsmiljön har värderats efter aspekter som klimatanpassning, biologisk mångfald och sociala värden och ger poäng utifrån hur stor del de upptar av den totala gårdsytan (Stockholm stad 2013, s. 42).

Dagvattenhantering generellt

För Norra Djurgårdstaden är målet att dagvattensystemet ska vara anpassat för att klara regnmängder i ett framtida förändrat klimat och att dagvatten ska användas till bevattning eller fördröjas och renas inom området innan det leds vidare till recipienterna Husarviken eller Värtan (Stockholm stad 2010, s.19). Verktöget Grönytefaktorn hanterar dagvattenaspekten och ger flera förslag på dagvattenlösningar som kan användas i utformningen. Här introduceras även målet med dagvattenhanteringen:

“Utmaningen består i att skapa lokala kretslopp där dagvattnet antingen tas upp direkt av vegetation eller leds till dammar, diken, vattenmagasin etc. som inte har kontakt med grundvattnet. Dessa vattensamlingar kan då bidra till att försörja vegetation under torrperioder samt ha en funktion för lokalt växt- och djurliv som är knutet till vattenmiljöer.”
(Stockholm stad 2011a, s. 20)

Gröna tak och väggar, fördröjning av dagvatten i öppna vattensamlingar, fördröjning i underjordiska magasin, uppsamling av regnvatten för bevattning, genomsläppliga ytor samt växtbäddar är lösningar som ger höga poäng i Grönytefaktorn jämfört med hårdgjorda, täta ytor. Målet är att skapa grönskande, klimatanpassade gårdar

som tar hand om en stor del av dagvattnet, samtidigt som även hänsyn till sociala värden och biologisk mångfald premieras (Stockholm stad 2013, s. 42). Lösningar som bidrar med upplevelsevärden eller gynnar växt- och djurliv ges därför en högre poäng i verktyget. Klimatanpassningen handlar till stor del om en medveten dagvattenhantering, men användning av vegetation för att dämpa heat island-effekten och skapa ett bättre lokalklimat tas också upp i Grönytefaktorn (Stockholm stad 2011a, s. 5).

Dagvattenstrategin för Norra Djurgårdstaden presenterar lösningar för dagvattenhantering i växtbäddar med målet att skapa balans mellan växternas vattenupptag och inflöde av dagvatten och på så sätt minimera infiltrationen samt bevattningsbehovet i området (Stockholm Stad 2011b, s.2). Lösningarna är dimensionerade utifrån aspekter som växtbäddens vattenhållande kapacitet och genomsläpplighet, växternas vat-

tenupptag liksom klimatanpassning av flöden och nederbörds-mängder (Stockholm Stad 2011a, s.4).

I dagvattenstrategin (Sweco 2011) delas dagvattensystemet in i tre olika delar, se även figur 6.

1. LOD-lösningar för gata, park och gård.
2. Överskottsvatten från LOD-lösningar leds till Husarviken eller till parkstråk för ytterligare rening.
3. Vid regnmängder som överskrider dimensioneringen på lokalgata sker bräddning till dagvattenledning.

Dagvattensystemet ska dimensioneras för att klara ett 10-års regn och för att ta hänsyn till eventuella effekter av klimatförändringar har flöden justeras med faktorn 1,2 (Sweco 2011). Dagvattnet ska fördröjas på ett sätt som gynnar biologisk mångfald, har en renande effekt och så det kan användas för bevattning eller som

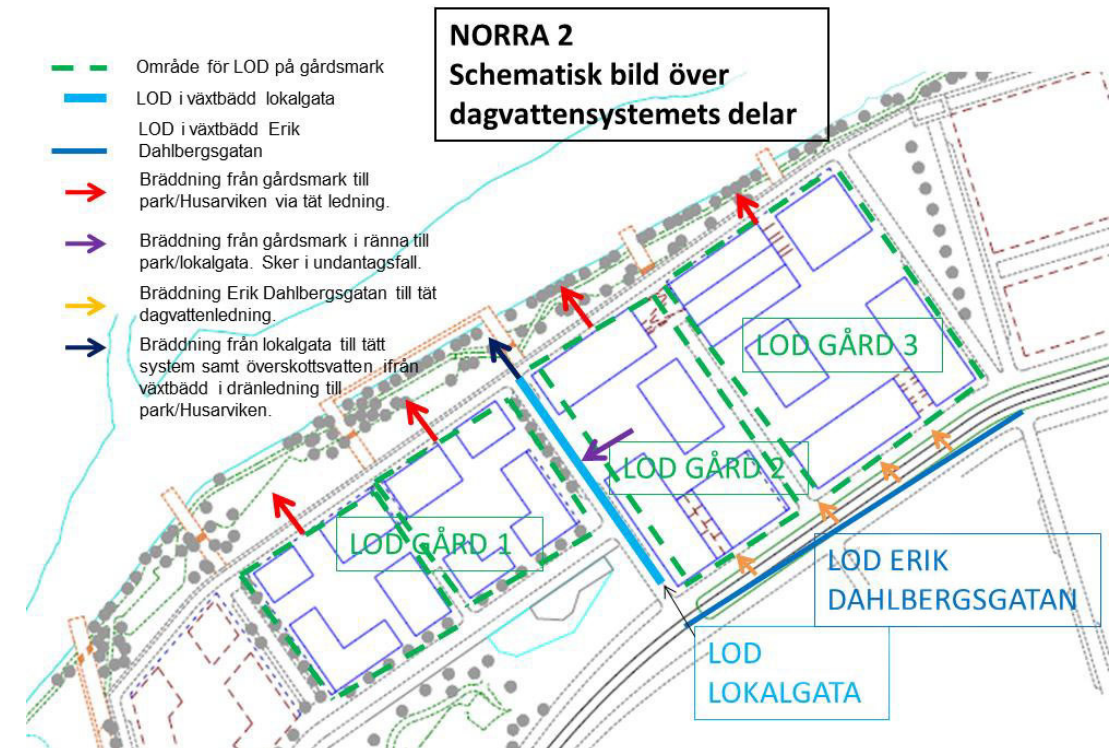


Fig. 6. Övergripande strategi för dagvattenhanteringen i Norra Djurgårdsstaden. Illustration: Sweco

gestaltande element (Sweco 2011). Allmänt för gårdsmark gäller att växligheten bara har tillgång till det vatten som lagras på gården och i växtbädden då gårdarna är underbyggda med bjälklag, mängden grönyta ska därför inte överskrida tillgången på dagvatten (Stockholm Stad 2011b, s.19).

Exempel från Norra Djurgårdsstaden

Eftersom etappen Norra 2 inte är uppförd, redovisas här exempel från föreslagna principlösningar i dagvattenstrategin samt visualiseringar och beskrivningar av gårdsmiljöerna från kvalitetsprogrammet för området.

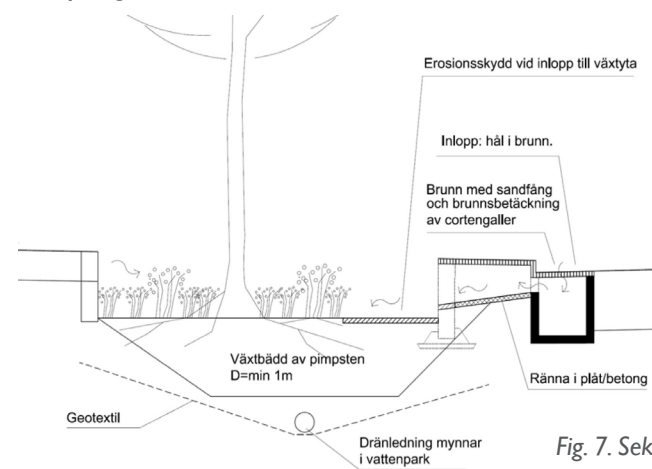


Fig. 7. Sektion lokalgata Illustration: Sweco

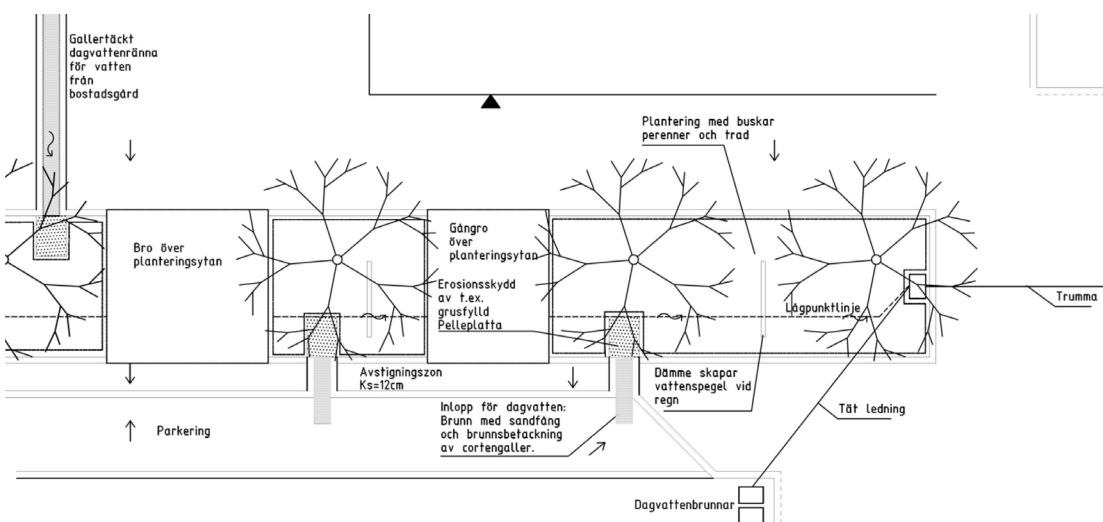


Fig. 8. Växtbäddar för lokalgata, överskottsvatten från gårdar leds i ränna, Norra Djurgårdsstaden. Illustration: Sweco

Lokalgata Dagvattenstrategin

Anna Pettersson Skog, hortonom på Sweco Environment AB, är en av dem som arbetat med dagvattenstrategin. Hon berättar att målet var att kunna använda vanliga vegetationslösningar, som gatuplanteringar med träd, för att ta hand om dagvattnet i området.¹ I dagvattenstrategin (Sweco 2011) beskrivs en princip för utformning av dagvattenhantering för lokalgata. För gata med bredd 18-20 meter föreslås en 3-5 meter bred, öppen växtbädd längs med gatans ena sida, se figur 10, vilket motsvarar 17 % av avrinningsytan (Sweco 2011). Växtbädden är nedsänkt i förhållande till gata och uppbyggd av en pimpstensjord som både är genomsläpplig och samtidigt har en god vattenhållande förmåga (Stockholm Stad 2011b, s.12). Växtbäddsmaterialet utgörs av återvunna schaktmassor från området som blandas upp med pimpsten för att ge bättre förutsättningar för dagvattenupptag samt organiskt material för ökat näringsinnehåll.¹ Lösningarna dimensioneras för att kunna ta emot ett 2-års regn och vid 5-10 års regn kommer vatten att bli

stående på ytan under kortare perioder (Sweco 2011). Vid större nederbördsintensiteter bräddas överskottsvatten och leds till angränsande parkstråk via ledning eller ränna enligt figur 8 (Sweco 2011). Eftersom marken är förorenad ska infiltration till underliggande massor undvikas, överskottsvatten från växtbädden samlas därför upp av en underliggande geotextil och leds till en dräneringsledning (Stockholm Stad 2011b, s.17). Första tanken i projektet var, enligt Pettersson Skog¹, att det inte skulle behövas något tätskikt, eftersom den uppskattade infiltrationen inte förväntades bli större än innan exploatering utifrån beräknat växtupptag. Ett tätskikt lades dock till senare som en försiktighetsåtgärd och geotextil bedömdes då som lämpligt, även om materialet i sig inte är helt tätt så sätts det igen med tiden och borde vara tillräckligt för att fånga upp och leda överskottsvatten mot en dräneringsledning. Föroreningarna här har en låg mobilitet vilket bidrog till att geotextil ansågs tillräckligt även om en viss tveksamhet funnits i projektet. Att använda en tät gummiduk diskuterades också, men hade blivit betydligt dyrare.¹

För att undvika att växtbädden sätts igen av sediment från dagvattnet föreslås en brunn med sedimentavskiljare vid inlopp från gata, vilket även anses ge ett effektivare insläpp av dagvattnet än lösningar med släpp i kantstenen (Sweco 2011). Sektionen i figur 7 redovisar principen med underliggande dränering och inloppsbrunnar. Växtbädden kan även ta hand om överskottsvatten från gårdsmark vilket avleds ytligt i ränna, se figur 8, medan takvatten skulle kunna ledas direkt till recipient via ledning på fasad (Stockholm Stad 2011b, s. 33). Särskilda lösningar för rening av dagvattnet diskuteras inte eftersom trafikflöden i området understiger de nivåer där särskild rening av dagvatten förordas utifrån recipienternas känslighet (Stockholm Stad 2011b, s. 4).

Erik Dahlbergsgata Dagvattenstrategin

Längs Erik Dahlbergsgatan föreslås en lösning med smalare växtbäddar för gatuträd 1,5m*4m och 1 meter djupa (Sweco 2011), se figur 9. Växtbädden består av en betongram med pimpstensjord som placeras i ett stenkrossmaterial dit trädens rötter kan söka sig för att ge bättre förutsättningar för vegetationen (Sweco 2011). Inloppsbrunnar liknande de för lokalgata föreslås liksom luftbrunnar mellan träden för ett bättre luftutbyte i krossmaterialet men även ett visst dagvattenintag (Sweco 2011). Överskottsvatten samlas även här upp av en geotextil som leder överskottsvatten till dräneringsledning (Sweco 2011).

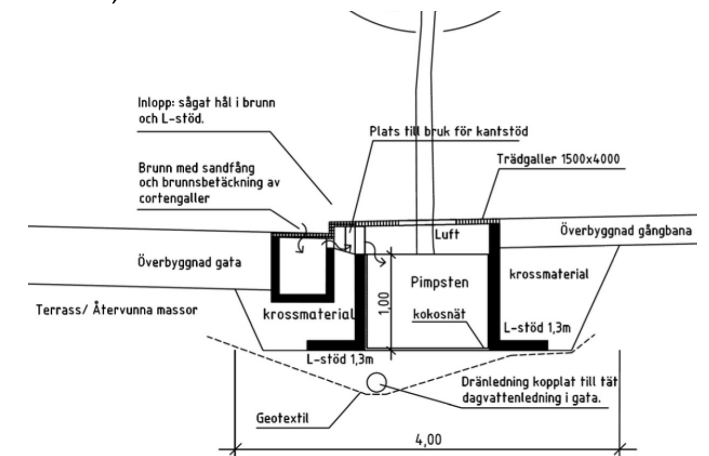


Fig. 9. Sektion Erik Dahlbergsgatan Illustration: Sweco



Fig. 10. Växtbäddar för dagvattenhantering Illustration: Sweco

¹Anna Pettersson Skog Hortonom Sweco Environment AB, samtal 15 april 2014

Kvarteret Stora Sjöfallet

Utemiljön för kvarteret Stora Sjöfallet ritas av URBIO. I kvarteret planeras samtliga byggnader med gröna sedumtak för att minska avrinningen från takytorna (Stockholm stad 2013, s. 44). Naturen i den omgivande Nationalstadparken har inspirerat gestaltningen av gårdsmiljön:

“Det sydvästra gårdsrummet tar formen av en prunkande sumpskog med större ekträd och ett fuktgynnat fältskikt med ormbunksväxter, fräken och starr. Hit leds bräddat takvatten via markgallerförsedda ränndalar och fördröjs i en ‘rain garden’-inspirerad väta.”

(Stockholm stad 2013, s. 43)

Sumpskogen, se figur 11, är ett av flera exempel på ett artrikt inslag i gårdsmiljön. Takvatten samlas också upp i så kallade regnskördartunnor och kan sedan användas för lek och bevattning, se figur 12 (Stockholm stad 2013, s. 43). På gården planeras för mycket grönska med klätterväxter och flertalet växtbäddar dit dagvattnet leds i första hand (Stockholm stad 2013, s. 43). Större delen av gården ligger på bjällklag, men dagvatten som avleds utanför bjällklag ska ledas bort innan det infiltrerar i terrassen.²



Fig. 11. Visualisering av bostadsgården i kvarter Stora Sjöfallet. Illustration: URBIO

EMERYVILLE

Emeryville är en mindre stad med runt 10000 invånare i västra Kalifornien i San Francisco Bay Area, se figur 13. Området har medelhavsklimat med torra somrar och milda, nederbördsrika vintrar och en genomsnittlig årsnederbörd på runt 500 mm (Community Design + Architecture, Nelson\Nygaard Consulting Associates & Philip Williams Associates 2005, s. 13). Emeryville var länge ett betydelsefullt center för tillverkningsindustrin, men under 1980-talet började industrier stänga eller omlokalisera sin verksamhet vilket lämnade stora övergivna ytor i staden (a.a., s. 15). Sedan dess har många tidigare industritomter omvandlats till bostadskvarter, blandad bebyggelse eller parker och Emeryville har nått nationell ryktbarhet för sitt omvandlingsprogram av industritomter som lockat både nya företag och invånare (a.a., s. 1). Emeryville har en hög förekomst av förorenad mark och det, tillsammans med en högt liggande grundvattenyta, gör att infiltration av dagvatten överlag är olämpligt i staden.



Fig. 13. Emeryville markerat med orange



Fig. 12. Regnskördartunnor. Illustration: URBIO

Dagvattenhantering generellt

År 2005 tog staden fram handboken Stormwater Guidelines for Green, Dense Redevelopment som föreslår lösningar för dagvattenhantering med fokus på grön infrastruktur. Green dense redevelopment refererar till lokala lösningar för dagvattenhantering som minskar andelen hårdgjord yta och där vegetationen spelar en viktig roll för rening och fördröjning (Community Design + Architecture, Nelson\Nygaard Consulting Associates & Philip Williams Associates 2005, s. 1). Förbättrad vattenkvalitet genom utnyttjandet av naturliga processer liksom lösningar som ger en attraktiv stadsmiljö är målet. Staden förespråkar gröna lösningar före mekanisk rening av dagvattnet eftersom de anses effektivare och ger mervärden till stadsmiljön (a.a., s. 3). Här betonas förbättrad luftkvalitet, reducerad heat-island effekt, möjlighet till rekreation och ökad biologisk mångfald liksom att vegetationen blir ett karaktärsskapande element för området (a.a., s. 1). Olika gröna lösningar för bioretention och infiltration så som svackdiken, rain gardens och planters, permeabla beläggningar och infiltrationsytor föreslås för att rena dagvatten innan det leds vidare till ledningsnätet, men även lösningar för fördröjning av dagvatten som gröna tak, träd med stor kronvolym, strukturjordar och uppsamling av regnvatten beskrivs i guiden.

För att undvika infiltration föreslås att dagvattenlösningarna avgränsas mot den förorenade marken med underliggande tätskikt (av lera eller ett fabricerat tätt material) och att överskottsvatten fångas upp av en underliggande dränering kopplad till dagvattennätet, (a.a., ss. 10-11). Den här principen kan användas för flertalet lösningar som till exempel permeabla beläggningar, svackdiken, rain gardens och planters. Eftersom dagvattennätet mynnar direkt i San Francisco Bay utan några reningsåtgärder är det också viktigt med

lokala lösningar som renar dagvattnet innan det går ut i ledningsnätet (a.a., s. 13). Guiden föreslår även innovativa parkeringslösningar för att minska den totala avrinningen från stora hårdgjorda ytor genom ett effektivare platsutnyttjande.

Exempel från Emeryville

Det finns en rad exempel på öppna dagvattenlösningar från Emeryville och enligt Peter Schultze-Allen, tidigare miljösamordnare i Emeryville, används underliggande dränering för nästan alla dagvattenlösningar i staden.³ Här presenteras två projekt som visar hur man arbetat med dagvattenhantering på kvartersnivå, Glashaus och Oak Walk Development.

Glashaus Development

Inom Glashaus, ett bostadsområde på en tidigare industritomt, utnyttjas flera olika typer av lösningar. Området är tätt bebyggt och mellan huskropparna används så kallade flow-through planters för att ta hand om dagvatten från både tak och hårdgjorda ytor (Schultze-Allen, 2007). Flow-through planters är slutna växtbäddar där vattnet fördröjs och renas genom bioretention utan att infiltrera till underliggande mark. Istället samlas överskottsvatten upp i ett dränerande gruslager och leds bort via en underliggande perforerad ledning kopplad till dagvattennätet (Clean water program 2013, s. 95). Inom Glashaus används både upphöjda och nedsänkta varianter och vid större regn bräddas överskottsvatten via ytliga brunnar (Schultze-Allen, 2007). I figur 19 och 20 visas flow-through planters från området och en principskiss för lösningen redovisas i figur 14. Takvatten leds in i växtbäddarna på olika sätt, bäst genom ytlig tillförsel via stupränna där stenar eller liknande används för att sprida ut vattnet och förhindra erosion (Schultze-Allen 2007). Längs ena kanten av området samlas dagvatten upp i ett grunt

² Mattias Gustavsson, Landskapsarkitekt URBIO, mailkontakt 22 mars 2014

³ Peter Schultze-Allen, Senior scientist EOA Inc, mailkontakt 25 februari 2014

vegetationsklätt svackdike (bio-swale) med lutning så att dagvattnet fördröjs och renas medan det rinner genom diket (Schultze-Allen 2007), se figur 16-18. I gatusektion finns också en ränna med genomsläpplig betong som infiltrerar dagvattnet och som leder det vidare till svackdike för rening och fördröjning (Schultze-Allen 2007).

Oak walk Development

Oak Walk är ett tätbebyggt kvarter i Emeryville, med både handel och bostadsbebyggelse. Här används flow-through planters liksom för Glashaus, både upphöjda och i nivå med mark (Schultze-Allen 2007). Dagvatten från parkerings- ytor leds till planters (Friends of Five Creeks u.å.). Takvatten leds även ner direkt i växtbäddar utmed fasaden, se figur 21. Inom området används också så kallade Tree boxes, dit dagvatten leds via släpp i kantstenen, se figur 22 (Friends of Five Creeks u.å.). Tree boxes eller Tree well filters är mindre system för rening av dagvatten genom bioretention som passar att använda där det är ont om plats (Clean water program 2013, s.100). Konstruktionen är vanligtvis en nedgrävd betongbehållare fylld med växtbäddsmaterial anpassat för bioretention och planterad med träd eller buskar, se figur 15 (Rutgers 2013). Behållaren kan vara både öppen eller sluten och i det senare fallet samlas överskottsvatten upp i underliggande dränering, en lösning som passar där infiltration inte är lämpligt (Clean water program 2013, s. 100). Växtbäddsmaterialet ska ha hög genomsläpplighet men samtidigt tillräckligt med organiskt material för att stödja växtlighet, 80 % sand 20 % mull är vanligt (Rutgers 2013). Dagvattnet renas genom adsorption och filtrering när det passerar genom växtbädden samtidigt som växterna tar upp näringsämnen i dagvattnet (Rutgers 2013). Konstruktionen är ansluten till dagvattennätet så att dagvattnet vid intensiva flöden kan passera systemet via en bypassledning (Rutgers 2013).

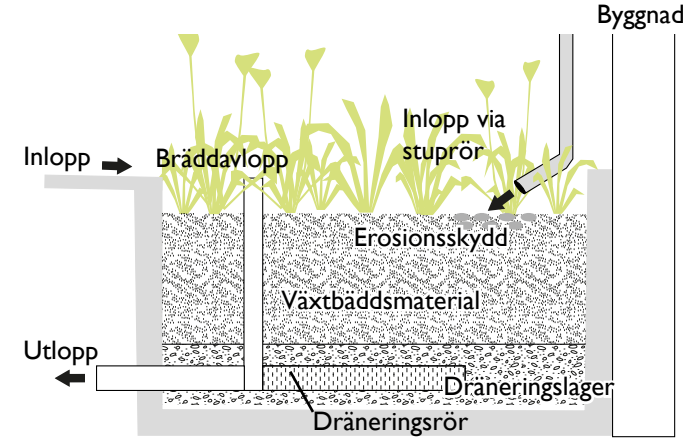


Fig. 14. Flow-through planter principskiss.
Efter Clean Water Program (2013, s.98).

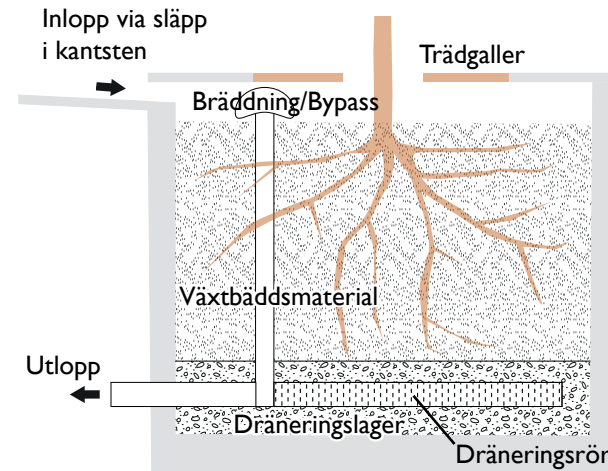


Fig. 15. Tree box principskiss.
Efter Clean Water Program (2013, s. 103).

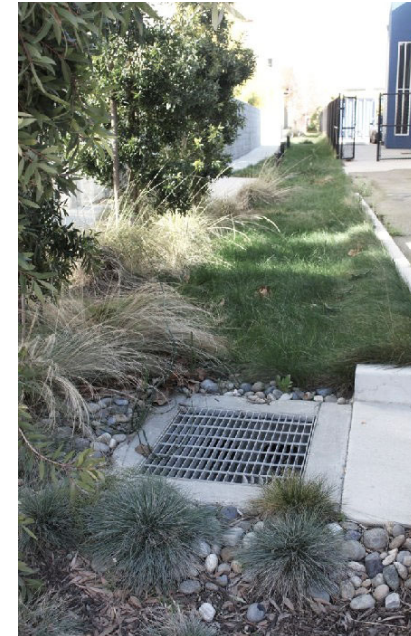


Fig. 16. Svackdike i Glashaus Development.
Foto: Friends of Five Creeks



Fig. 18. Svackdike i Glashaus Development.
Foto: Friends of Five Creeks



Fig. 17. Svackdike i Glashaus Development.
Foto: Friends of Five Creeks



Fig. 19. Underliggande dränering i en planter.
Foto: Peter Schultze-Allen



Fig. 20. Flow-through planters i Glashaus Development. Foto: Friends of Five Creeks



Fig. 21. Oak Walk development
Foto: Friends of Five Creeks



Fig. 22. Tree Well Box i Oak Walk Development.
Foto: Friends of Five Creeks

JÄMFÖRANDE DISKUSSION

Riktlinjerna för både Emeryville och Norra Djurgårdsstaden visar på vikten av att använda sig av flera olika dagvattenelement och gröna lösningar för att fördröja dagvatten och minska den totala avrinningen från ett område. Även om gröna tak inte används i de studerade projekten för Emeryville föreslås det i stadens framtagna riktlinjer och har använts i andra projekt i staden (Friends of five creeks u.åb). För Norra Djurgårdsstaden är det föreslaget för de flesta byggnader och blir på så sätt en betydande del i dagvattenhanteringen. Uppsamling av regnvatten tas också upp som en lösning för att minska avrinningen, vilket föreslås i Norra Djurgårdsstaden med specialutformade regnskördartunnor för kvarteret Stora Sjöfallet. Minskas den totala avrinningen, blir det också mindre dagvatten som behöver hanteras i anslutning till förorenad mark, vilket kan underlätta utformningen i ett förorenat område.

LOD-lösningar, alltså dagvattenlösningar vid källan, framhävs också som något som kan ge mervärden till gårdsmiljön, både upplevelsemässigt och för att gynna biologisk mångfald. Jag tycker Stora Sjöfallet är ett bra exempel på hur dagvattenlösningar kan integreras i gårdsmiljön som ett spännande inslag samtidigt som dagvattenhantering synliggörs. Mervärden diskuteras generellt för Emeryville men är kanske tydligare för Norra Djurgårdsstaden där Grönytefaktorn premierar lösningar som gynnar biologisk mångfald och ger sociala mervärden. För exemplen från Emeryville är det dock tydligt hur gröna lösningar har prioriterats och fått ta stor plats även i en tät kvartersstruktur, vilket starkt bidrar till karaktären och profileringen av kvarteren.

I både Norra Djurgårdsstaden och Emeryville används växtbäddslösningar för att fördröja och rena dagvatten, utan att någon infiltration i underliggande marklager tillåts. De föreslagna

lösningarna skiljer sig dock en del åt. I exemplen från Emeryville används växtbäddar, flow-through planters och tree boxes, med slutna bottnar och underliggande dräneringsledning som leder bort överskottsvatten. I Norra Djurgårdsstaden föreslås en växtbäddslösning där överskottsvatten samlas upp av en underliggande geotextil och leds till en dräneringsledning. Här diskuteras också växtbäddens dimensionering och anpassning till uppskattade tillflöden av dagvatten som en viktig aspekt. Växternas vattenbehov och växtbäddens utformning ska stämma överens med tillgången på dagvatten. För Emeryville diskuteras dimensionering i den generella guiden, men inte utifrån växtbäddsmaterial eller minimering av överskottsvatten från dagvattenlösningarna. Det är möjligt att sådana beräkningar gjorts för de studerade projekten men det finns inte beskrivet i den information jag har haft att tillgå.

Helt slutna lösningar används enligt Pettersson Skog¹ inte i Sverige. För att kunna plantera träd i sådan lösning krävs en stor växtbäddsvolym för att tillgodose vattenbehovet, vilket Pettersson Skog menar är en begränsande faktor för den här typen av lösningar. En helt sluten lösning är också sårbar eftersom dräneringen kan sätta igen och överskottsvatten då blir stående.¹ För Erik Dahlbergsgatan i Norra Djurgårdsstaden används en öppen betongram i växtbäddarna för att ge rötterna möjlighet att söka sig ut i omgivande krossmaterial och tillgodose trädens vattenbehov vilket annars ofta är en begränsande faktor för god tillväxt.¹ För tree boxes rekommenderas mindre träd och buskar med ett grunt rotsystem, som även är anpassade till extremt väl-dränerad jord (Clean Water Program 2013, s. 175), vilket ger en annan begränsning vid utformningen. Klimatmässiga skillnader mellan de två studerade områdena kan utgöra en möjlig orsak till skillnaderna i växtbäddsuppbyggnad,

liksom vilka dagvattenlösningar som finns att tillgå på respektive marknad. I Sverige är det relativt nytt att arbeta med LOD i växtbäddar, här har det varit vanligare att som i Malmö arbeta med dammar och andra blöta lösningar med anpassad vegetation.¹ Stora träd i dagvattenlösningar ställer större krav på lösningens utformning.

I både Norra Djurgårdsstaden och Emeryville är de täta lösningarna från exemplen växtbäddar, begränsade i storlek och placerade i hårdgjorda ytor. För den generella guiden från Emeryville beskrivs dock hur tätskikt kan användas även för andra lösningar, som till exempel permeabla beläggningar och svackdiken. För särskilt permeabla beläggningar kan man fundera över vunnen magasinsvolym i förhållande till behovet av underliggande dränering och i vilka fall som en sådan lösning är rimlig.

Att kontrollera avledningen av överskottsvatten tycker jag också kan lyftas fram som en princip från de båda områdena. Dels hur överskottsvatten från växtbäddar samlas upp i underliggande dräneringsledningar och leds vidare men även hur bräddat vatten samlas upp kontrollerat. I Norra Djurgårdsstaden föreslås lösningen med öppna rännor som leder överskottsvatten från gårdsmark till LOD-lösningar respektive från växtbäddar i gata till angränsande parkmark, där även nedgrävda ledningar föreslås. Takvatten kan ledas direkt till recipient i ledning på fasad enligt dagvattenstrategin. Eftersom dagvatten inte tillåts infiltrera är min tolkning att kontrollen av överskottsvatten och hur det avleds blir en viktig fråga på just förorenad mark. Att utforma rännorna så att de fungerar även vid torra förhållanden utan att upplevas som överdimensionerade blir en utmaning i gestaltningen. I dagvattenstrategin (Sweco 2011) tas även tillgänglighet upp som

en viktig aspekt vid utformning av rännorna. För Emeryville diskuteras dagvattenlösningarnas renande effekt som en viktig aspekt i dagvattenhanteringen, för att inte belasta recipienten San Francisco Bay med föroreningar då allt dagvatten leds dit. I de lösningar som föreslås i exemplen sker rening av dagvatten genom filtrering och växtupptag i växtbäddslösningar och särskilt för tree boxes betonas den renande effekten. Min bedömning är att även de föreslagna växtbäddslösningarna i Norra Djurgårdsstaden kommer bidra med en viss rening av dagvattnet, även om det inte är ett uttalat mål i dagvattenstrategin. För Norra Djurgårdsstaden framhålls däremot dagvattenhanteringen som en viktig del i klimatanpassningen av stadsdelen för att kunna hantera framtida förväntade flöden, men också bidra till ett bra lokalklimat, vilket inte diskuteras på samma sätt för Emeryville.

Eftersom lösningarna i Norra Djurgårdsstaden inte är realiserade än återstår en utvärdering och eventuell justering av principerna, vilket nämns i den utredningen som föregått dagvattenstrategin (Stockholm Stad 2011b, s.34). En utvärdering av geotextil som tätskikt kan behövas eftersom det funnits en viss osäkerhet kring valet och hurvida det blir tillräckligt tätt i projektet. Dock har ett fullskaleförsök av de föreslagna växtbäddarna för Erik Dahlbergsgatan uppförts inom området där man studerat förloppet över året. Växtbäddarna är dimensionerade för att ta emot ett 2-års regn men fullskaleförsöket har kunnat ta emot minst ett 5-års regn. Vårvintern är den mest kritiska perioden, både vid snösmältning och när det ömsom tinar och fryser på men träden har klarat sig bra i försöksbäddarna.¹

¹Anna Pettersson Skog Hortonom Sweco Environment AB samtal 15 april 2014

SLUTSATSER

från litteraturstudie samt studerade referensprojekt

Att integrera öppna dagvattenlösningar i stadsmiljön kan leda till mer robusta dagvattensystem och klimatanpassade städer som bättre står emot ökade nederbörds mängder. Det är dock viktigt att anpassa dagvattenlösningarna efter varje plats specifika förutsättningar och gestalta samt dimensionera lösningen medvetet. Med en god anpassning kan dagvattenlösningen bli ett uppskattat inslag i stadsmiljön som bland annat bidrar med estetiska liksom rekreativa mervärden.

Öppna dagvattenlösningar kan användas även på förorenade områden, med metoder som fördröjer och renar dagvattnet utan att det infiltrerar i underliggande mark vilket annars är en vanlig metod för att minska avrinningen. Lösningar som gröna tak och uppsamling av regnvatten kan användas för att begränsa den totala avrinningen och vidare fördröjning och rening av dagvatten kan ske i olika typer av täta dagvattenlösningar så som dammar, planters och öppna rännor med mera. Dagvattenlösningar där vattnet normalt tillåts infiltrera i marken kan användas även på förorenade områden om de anpassas genom avgränsning med någon typ av tätskikt och överskottsvatten leds bort via underliggande dränering som referensprojekten ger exempel på.

Att dagvattenhanteringen kommer in tidigt i projekten är viktigt för ett bra resultat. I Norra Djurgårdsstaden föreslås till exempel lösningar för gatumiljö som nog skulle vara svåra att integrera i strukturen i ett senare skede. Här har ju även ett fullskaleförsök varit en del av utredningen, vilket kräver ett längre tidsperspektiv och visar att frågan fått en hög prioritet i projektet.

Jag har här sammanfattat riktlinjer för dagvattenhantering på förorenad mark i tio steg, från utredning och planering till detaljutformning.

Dagvattenhantering på förorenad mark, övergripande riktlinjer:

UTRED föroreningarnas omfattning och utbredning. Vad gäller för infiltration av dagvatten? Finns det ytor inom området där infiltration inte kan tillåtas?

PLANERA för dagvattenhanteringen så att frågan lyfts tidigt i processen och kan samordnas i projektet. Vad är målet med dagvattenhanteringen i det här området? Hur anpassas dagvattenlösningarna till platsens förutsättningar och karaktär och vilka mervärden eftersträvas?

SAMORDNA efterbehandlingsåtgärder och dagvattenhantering. Kan man genom strategisk placering av byggnader och hårdgjorda ytor täcka över förorenad mark och på så sätt möjliggöra för infiltration av dagvatten på andra ytor? Kan schaktmassor återanvändas som växtbäddsmaterial?

MINSKA den totala avrinningen tidigt i kedjan genom LOD-lösningar som gröna tak och uppsamling av regnvatten.

KONTROLLERA avledningen av överskottsvatten för uppsamling i dagvattenlösningar längre ner i kedjan.

ANPASSA dagvattenlösningarna. Växtbäddar, svackdiken och andra dagvattenlösningar på förorenad mark genomförs med tätskikt och underliggande dränering för att undvika att dagvatten infiltrerar och föroreningar sprids.

RENA dagvattnet i öppna dagvattenlösningar utifrån uppskattat reningsbehovet. Reningsbehovet avgörs utifrån uppskattad föroreningsbelastning och recipientens känslighet och varierar från fall till fall. Rening genom bioretention där utformning av dagvattenlösningen liksom växtval anpassas efter reningsbehovet är att föredra.

DIMENSIONERA växtbäddar och andra lösningar medvetet för att optimera vattenupptag och minska bevattningsbehovet samt överbräddning. Välj ett anpassat växtbäddsmaterial.

ANPASSA växtval efter dagvattenlösningens förutsättningar liksom platsens karaktär och övrig gestaltning.

UTFORMA detaljer för en god funktion. Inlopp med sedimentavskiljning, erosionskydd, tillgänglighetsanpassade lösningar etc.

FALLSTUDIE KOPPARLUNDEN

En fallstudie genomfördes för området Kopparlunden i Västerås för att ta fram ett förslag för hur dagvattenhanteringen kan utformas. Resultatet presenteras som en övergripande strategi med olika typer av dagvattenlösningar anpassade till planerat innehåll och funktioner liksom områdets förutsättningar. Utgångspunkten för förslaget var Västerås stads planprogram och den dagvattenutredning som tagits fram för området liksom riktlinjer och inspiration från inledande kapitel.

INTRODUKTION TILL OMRÅDET

Stadsdelen Kopparlunden omfattar ungefär 26 hektar och ligger centralt i Västerås, en bit nordöst om stadskärnan, se figur 23. Området avgränsas i norr av E18, i öster av järnvägen samt av gatorna Kopparbergsvägen, Östra Ringvägen och Pilgatan, se figur 26.

Kopparlunden har haft stor betydelse för Västerås utveckling och är en viktig symbol för stadens industrihistoria. Nordiska Metallaktiebolaget startade sin tillverkning här 1897 och även ASEA har haft produktion i området (Nyréns arkitektkontor 2013, s. 4). Industribyggnaderna utgör grunden för områdets karaktär idag och representerar arkitekturen från industrialismens genombrottsperiod (Västerås stad 2014a, s. 8). I den centrala delen av området kring Kopparlundsvägen finns en välbevarad kärna med industribyggnader i tegel från slutet av 1800-talet och början av 1900-talet, men även andra senare tillkomna industribyggnader finns inom området. Under 1990-talet koncentrerades industriverksamheten till områdets norra delar och det tidigare slutna industriområdet utvecklades till en stadsdel med blandade verksamheter, se figur 25 (Nyréns arkitektkontor 2013, s. 4). Inom Kopparlunden finns idag nästan 200 företag av varierande storlek, många inom IT och konsult-

verksamhet men även hotell, restaurang, bageri, grossistföretag, gym och några mindre butiker (Västerås stad 2014a, s. 40), Västerås Science Park är lokaliserat här och en av de stora verkstadshallarna har omvandlats till kulturhuset CuLTUREN med Kopparlundsgymnasiet, teater, biograf och föreningsverksamhet, se figur 24. Bostäder saknas inom området. Enligt Västerås Översiktsplan 2026 kan Kopparlunden vidareutvecklas till en blandad stadsdel med bostäder, arbetsplatser och kulturverksamhet (Västerås stad 2012, s. 38). Ett planprogram för området togs fram under början av 2014 och är vägledande för utvecklingen. I planprogrammet sammanfattas visionen för stadsdelen:

Kopparlunden ska vara en stadsdel med en tät och blandad stadsbebyggelse. Övergripande stråk och platser utgör basen för bebyggelsen som fyller stadsdelen med ett livskraftigt och blandat innehåll. Den historiska industrimiljön är grunden för områdets identitet och en kvalitet som tas tillvara när området utvecklas. Befintliga byggnader anpassas till nya funktioner. Ny bebyggelse läggs till utan att områdets identitet och karaktär förloras.
(Västerås stad 2014a, s. 6)



Fig.23. Kopparlundens läge i Västerås. Underlag ortofoto © Lantmäteriet, i2012/901



Fig.24. Kulturhuset CuLTUREN



Fig.25. Ny och äldre bebyggelse inom Kopparlunden idag

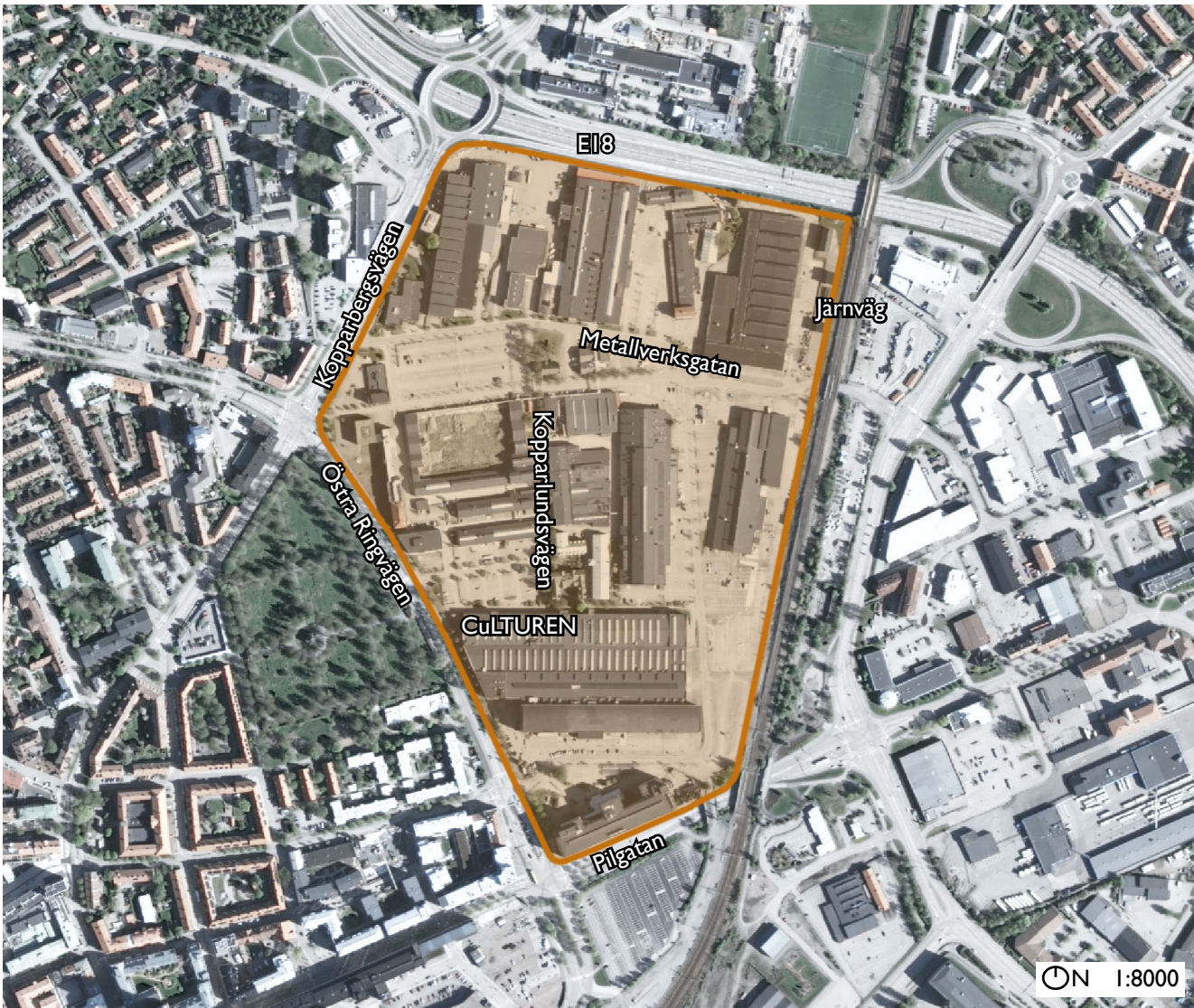


Fig.26. Fallstudieområdet Kopparlunden är markerat med orange. Underlag ortofoto © Lantmäteriet, i2012/901

Det övergripande målet är att Kopparlunden ska utvecklas till attraktiv stadsdel med en stark identitet som ger goda förutsättningar för ett rikt stadsliv samt bidrar till en hållbar och klimatsmart utveckling av Västerås (Västerås stad 2014a, s. 14). Hållbart byggande ska prägla stadsdelen, med energieffektiva byggnader, effektiv avfallssortering och rening och fördröjning av dagvatten lokalt som exempel (Västerås stad 2014a, s. 21).

FÖRUTSÄTTNINGAR

Områdets innehåll och karaktärer inventerades genom platsbesök och studie av kommunens underlag. Riktlinjer och förutsättningar som ges i planprogrammet för området har sammanfattats här.

Områdets karaktär

Områdets karaktär präglas av de stora industribyggnader och öppna hårdgjorda ytor, mestadels parkeringar, som ger en storskalig rumsupplevelse, se figur 30. I områdets kärna finns dock en

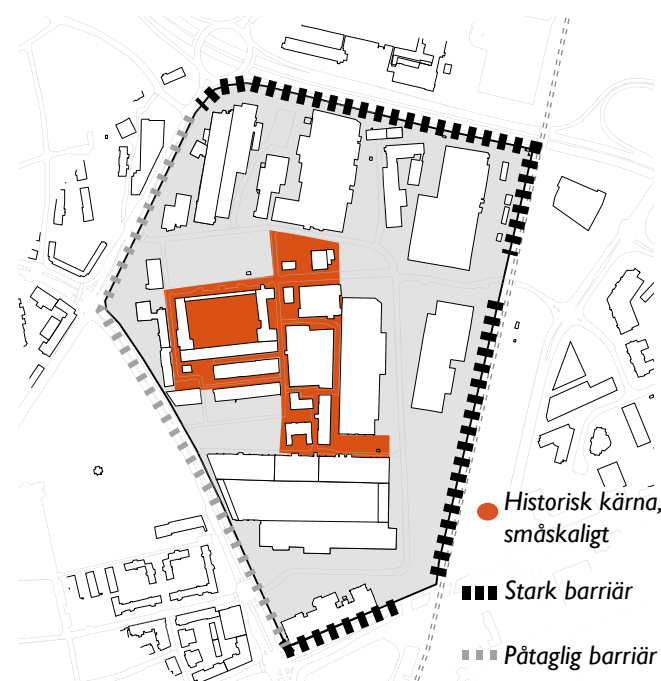


Fig. 27. Områdets karaktärer

annan mer småskalig karaktär med gränder och mindre platsbildningar mellan de äldre industribyggnaderna från tidigt 1900-tal, se figur 33. Karaktären är här mer sammanhållen än i områdets yttre delar med tegelbyggnader i mindre skala och detaljrik arkitektur. Gatstensbeläggning förstärker den historiska känslan. Även om industriverksamheten upphört finns många detaljer bevarade, som skyltar och rör längs fasader, som bidrar till att industrikänslan bibehålls i området. I planprogrammet beskrivs områdets stora kontraster i skala som en viktig aspekt att ta till vara vid framtida utveckling (Västerås stad 2014a, s. 26).

Kopparlunden var länge stängt för allmänheten och kan fortfarande upplevas som avskilt från den centrala staden. Mycket på grund av järnvägen och E18 samt övriga gator som är hårt trafikerade och utgör barriärer, se figur 27. Det går att passera området i öst-västlig riktning i tunnel under järnvägen men det finns inga utpekade, eller upplevda stråk igenom området. Det finns även en bro över Pilgatan i områdets sydöstra hörn. Den nordliga delen är helt sluten mot E18.

Kulturmiljövärden

Planprogrammet pekar ut kulturhistoriskt värdefulla byggnader och miljöer inom området som är viktiga att ta hänsyn till vid fortsatt planarbete, se figur 37.

“Utgångspunkten är att byggnader och platser ska tas till vara och utvecklas för att stärka upplevelsen av den unika industrimiljön och göra Kopparlundens historia avläsbar”.
(Västerås stad 2014a, s. 22)

De byggnader som beskrivs ha ett mycket högt kulturmiljövärde och/eller symbolvärde ska bevaras och bör inte förändras (Västerås stad



Fig. 28. Svenska metallverkens nya huvudkontor från 1954 (A)



Fig. 31. Nya Linverket från 1950-talet (B)



Fig. 29. Gamla huvudkontoret från förra sekelskiftet (C)



Fig. 32. Bevarad äldre fasad (D)



Fig. 30. Storskalighet och oanvända ytor i de yttre delarna



Fig. 33. Den inre kärnan med sammanhållen bebyggelse



Fig. 34. Arvidverkstaden (G)



Fig. 35. Valsverket från 1897 (E)



Fig. 36. Emausverkstaden (F)



Fig. 37. Kulturhistoriskt värdefulla byggnader och platsbildningar enligt planprogrammet

2014a, s. 23). Övriga kulturhistoriskt värdefulla byggnader bedöms som tåligare för förändringar och tillägg, men detta ska ske i samspel med kulturmiljön. Byggnader och fasader som är viktiga för upplevelsen av platsen har också pekats ut liksom viktiga platsbildningar och gaturum, vilkas karaktär och uttryck ska bevaras, se figur 37, (Västerås stad 2014a, s. 23).

Grön- och blåstruktur

Större delen av området består idag av hårdgjorda ytor i form av parkeringsplatser och vägar. Det finns dock ett antal mindre grönytor inom området: entréträdgårdar och fickparker i anslutning till byggnaderna och planteringar längs med vägar och parkeringar, se figur 38. Utmed järnvägen och E18 finns även spontant etablerad grönska. En pampig äldre lindallé löper längs med huvudstråket i den äldre delen och nyare träd-

rader har planterats på parkeringar och längs med gator. Äldre solitärträd finns utspridda inom området. Klätterväxter, i synnerhet vildvin, är vanligt i den äldre kärnan. Vid det nya huvudkontoret fanns tidigare en representativ trädgård ut mot Ringvägen (Västerås stad 2014a, s. 46), men idag är en fontän allt som återstår och ytan består av spontant etablerad växtlighet. Allér och solitärträd bedöms i planprogrammet som särskilt viktiga att bevara, liksom klätterväxterna som ger området karaktär (Västerås stad 2014a, s. 28).

Emausbäcken som möter området norrifrån övergår i en dagvattenkulvert strax innan E18, leds under Kopparlunden i nord-sydlig riktning och mynnar i Mälaren, se figur 38.⁴



Fig. 39. Fickpark



Fig. 43. Lindallén



Fig. 42. Fickpark

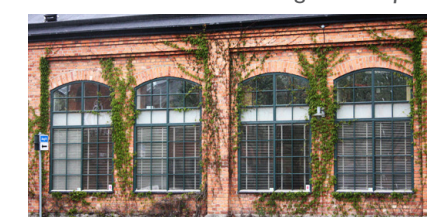


Fig. 44. Klätterväxter



Fig. 46. En större ek i områdets norra del.



Fig. 40. Detalj



Fig. 41. Detalj



Fig. 45. Detalj



Fig. 47. Detalj

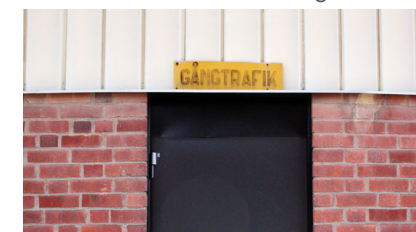


Fig. 48. Detalj

⁴Ingrid Legrell Crona Planarkitekt Stadsbyggnadskontoret Västerås Stad, samtal 30 januari 2014

Topografi

Området sluttar genomgående om än svagt från norr till söder. Marken är högst i nordväst och lägst i sydöst vid Pilgatans viadukt under järnvägen. Järnvägen går på en upphöjd bank längs med hela den östra kanten av området, som bryts av en vägtunnel, se figur 49.

Markförhållanden

Industriverksamheten i området har gett upphov till föroreningar i både mark och grundvatten (Västerås stad 2014a, s. 31). En målbeskrivning för miljöarbetet i Kopparlunden kommer att tas fram för att utreda miljö- och hälsorisker i området på grund av föroreningarna och vilka åtgärder som krävs inför kommande exploatering (Västerås stad 2014a, s. 31). Hela området är utfyllt, mäktigheten varierar mellan 0,5 och 2 meter och fyllningen består till stor del av sand, grus och sten men tegel, slagg och skrot förekommer. Utfyllnaden innehåller generellt förhöjda metallhalter, särskilt av koppar och zink, och



Fig. 49. Topografi Kopparlunden

även underliggande naturliga massor är punktvis påverkade. Oljekolväten, PAH (Polyaromatiska kolväten), och klorerade kolväten har påträffats men total förekomst är inte känd (Västerås stad 2014a, s. 48). Utgångspunkten är att föroreningarna inte ska begränsa markologiska funktioner eller utgöra framtida hälsorisker för de som vistas i området och att spridningen ska minimeras (Västerås stad 2014a, s. 31).

Planerad Struktur

Målet är att Kopparlunden ska utvecklas till en blandad stadsdel där bostäder, kontor, butiker och lokaler kan tillåtas inom hela området i både nya och gamla byggnader (Västerås stad 2014a, s. 17). Planprogrammet redovisar inte någon plan med tänkt kvarterstruktur eller nya byggnader för Kopparlunden men en övergripande struktur med huvudstråk och platser som ska utgöra basen för bebyggelsen, se figur 50.

Huvudstråket går längs Kopparlundsvägen genom den historiska industrimiljön och ska utformas i huvudsak för gångtrafik. Längs stråket föreslås att mindre platsbildningar utvecklas bland annat utifrån befintliga mindre trädgårdar. Stråket knyter an till tre större platser/torg med olika karaktärer. Utanför CuLTUREN föreslås Kulturtorget som en samlingsplats i stadsdelen med plats för utomhusevenemang och aktiviteter som filmvisning, framträdande, marknader och konstinstallationer (Västerås stad 2014a, s. 17). För platsen i norr är intentionen att skapa en grönare karaktär kring befintliga tegelbyggnader och storvuxna pampiga alléträd. Det här torget kallas i arbetet fortsättningsvis för Gröna torget. Platsen i söder ges ingen särskild karaktär men möjligheten att anknyta till den centrala staden och utnyttja det fördelaktiga klimatläget är två aspekter som nämns i planprogrammet. Platsen vid Svenska Metalls tidigare huvudkontor (Nya

huvudkontoret) bedöms ha förutsättningar att utvecklas till områdets entré mot staden. I programmet föreslås även en överdäckning av E18 i form av ett parkstråk som binder samman Kopparlunden och de norra stadsdelarna, se figur 50.

“Den nya bebyggelsestrukturen ska inrymma intressanta platser och pocketparker med olika karaktär. Det kan vara platser för skulpturer, vatten, dofter, lek och rörelse”
(Västerås stad 2014a, s. 27)

Den yttre miljön ska vara varierad och innehållsrik och utformningen ska ha samma prioritet som bebyggelsen i den framtida utvecklingen. Ny bebyggelse ska präglas av en tät kvartersstruktur

tur med gränder snarare än “den glesa förortens uttryck” (Västerås stad 2014a, s. 27). Områdena i norr och öster är de som bedöms ha bäst förutsättningar för nyetablering, se figur 50, men närheten till E18 och järnvägen ställer särskilda krav på placering, innehåll och utformning av ny bebyggelse här (Västerås stad 2014a, s. 33). Gatunätet inom den nya bebyggelsestrukturen ges ett småskaligt uttryck och trafikeras på de gåendes villkor. Parkering sker i underjordiska garage eller i parkeringshus, dagens stora markparkeringar ersätts av mindre enheter för tillfällig parkering integrerade i strukturen (Västerås stad 2014a, s. 30).

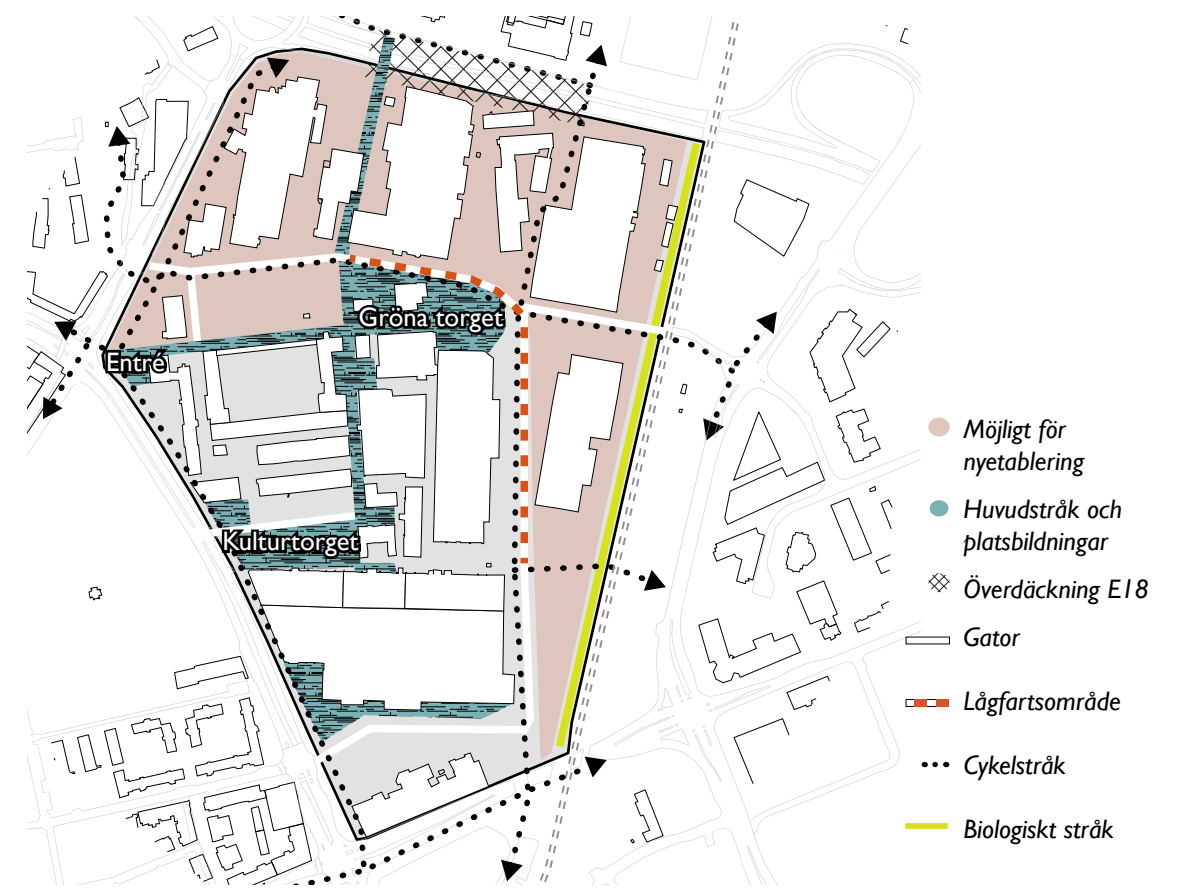


Fig. 50. Planerad struktur. Illustration efter Planprogrammet, Västerås Stad 2014a

Vid bedömning av lämplig markanvändning ska hänsyn tas till förekomsten av markföroreningar, störningar i form av trafik- och verksamhetsbuller samt risker förknippade med transporter av farligt gods på väg och järnväg. (Västerås stad 2014a, s. 16)

Planprogrammet lyfter grönska som en viktig kvalitet vid framtida utveckling, där både upplevelsen och ekologiska värden ska uppmärksammas. Odling kan med fördel möjliggöras på bostadsgårdarna och en vildare naturzon föreslås utmed järnvägens säkerhetszon för att främja områdets biologiska mångfald (Västerås stad 2014a, s. 29). Utvecklingen av området ska bidra till en hållbar och klimatsmart stad (Västerås stad 2014a, s. 14). Energieffektivisering, lokal energiproduktion och klimatanpassning diskuteras liksom att ta vara på områdets unika karaktär och skapa goda mötesplatser.

Riktlinjer enligt Västerås planprogram

- Bevara den unika industrikaraktären
- Tydliggör mötet mellan historia och framtid
- Skapa en balans mellan små- och storskaligt
- Ett rikt utbud av tillgängliga och attraktiva platser och stråk
- Tät stadsstruktur med blandade funktioner
- Grönska en viktig kvalitet
- Hållbarhet inkluderar bland annat fördröjning och rening av dagvatten inom området

DAGVATTEN

Här presenteras Västerås stads generella mål för dagvattenhantering, liksom de förutsättningar för Kopparlunden som ges i planprogrammet samt den dagvattenutredningen för området som tagits fram av Geosigma (2013).

Västerås dagvattenpolicy

Västerås stad har antagit dokumenten *Dagvattenpolicy i Västerås* och *Handlingsplan för dagvatten i Västerås* under våren 2014. Det övergripande målet i Dagvattenpolicyen är att risken för översvämningsskador ska minskas liksom det totala dagvattenflödet till Mälaren och belastningen från föroreningar i dagvattnet. Att fördröja och rena dagvattnet så nära källan som möjligt och att synliggöra dagvattenhanteringen som en resurs vid utbyggnaden av staden är också en del av målet (Västerås stad 2014b).

Allt dagvatten från staden, som ofta avleds orenat, hamnar förr eller senare i Mälaren där det har stor påverkan på vattenkvaliteten i Västerås hamnområde (Västerås stad, Mälarenergi 2014 s. 11). Mälaren och flera av stadens andra vattenförekomster har problem med både övergödning och miljögifter men dagvattnet påverkar främst föroreningssituationen i hamnområdet och i Svartån som rinner centralt i staden (Västerås stad, Mälarenergi 2014, s. 11). Vikten av att hålla nere föroreningsnivåerna betonas i handlingsplanen för att säkra Mälaren, en viktig resurs för hela Mälardalen. Då det är svårt att få en helhetsbild av föroreningarnas sammanlagda påverkan på Mälaren, liksom klimatförändringarnas kommande effekt på vattenkvaliteten rekommenderas användandet av en försiktighetsprincip när det gäller utsläpp av föroreningar (Västerås stad, Mälarenergi 2014, s. 13). Staden har en viss möjlighet att begränsa mängden föroreningar genom att sprida information och reglera använ-

dandet av framför allt olika typer av bygg- och anläggningsmaterial vilket uppmärksammas som en åtgärd (Västerås stad, Mälarenergi 2014, s. 19). Lämpliga dagvattenlösningar för rening avgörs från fall till fall, men målsättningen vid nyexploatering är att belastningen på nedströms liggande vattenområden ska vara oförändrad jämfört med innan exploatering (Västerås stad, Mälarenergi 2014, s. 20). I Västerås har man valt att använda riktvärden enligt Riktvärdesgruppen vid Regionplane- och trafikkontoret (Stockholms Läns Landsting 2009). Det är riktvärden på tillåtna årsmedelhalter för de vanligaste metallerna, miljögifterna och gödningsämnen som uppdelade i fem kategorier beroende på recipientens känslighet och antalet led i dagvattenhanteringen (Västerås stad, Mälarenergi 2014, s. 21).

Handlingsplanen tar upp dagvattenutredningar som ett viktigt verktyg i planprocessen för att nå målen. För fördjupade översiktsplaner och planprogram ska en sådan redovisa förutsättningar för öppen dagvattenhantering och infiltration inom området, liksom hur extremregn kan hanteras (Västerås stad, Mälarenergi 2014, s. 8). För detaljplaner ska en fördjupad dagvattenutredning redovisa dagvattenhanteringen för det aktuella planområdet. I båda fallen kan begränsningar för andelen hårdgjord yta och maxflöde från kvartermark liksom förslag på dagvattenlösningar anges (ibid).

Målet är att dagvattnet ska omhändertas och infiltreras lokalt i största möjliga mån, men där det inte är lämpligt, som på förorenad mark, används dagvattenlösningar för fördröjning utformade så att dagvattnet inte kommer i kontakt med de förorenade massorna (Västerås stad, Mälarenergi 2014, s. 20).

Dagvatten i planprogrammet

Planprogrammet diskuterar dagvattenhantering ur ett hållbarhetsperspektiv, där rening av dagvatten på plats blir ett viktigt inslag liksom gröna tak och fasader som en del av områdets klimatanpassning (Västerås stad 2014a, s. 28). Enligt planprogrammet ska gröna ytor användas för att fördröja och rena dagvatten inom Kopparlunden:

Småskaliga lokala dagvattenlösningar med mindre konstgjorda grundvattenmagasin, öppna dammar, gröna tak, växtbäddar, trädplanteringar och gräsytor som kan användas enskilt eller i olika kombinationer ska tillämpas. Goda möjligheter finns att låta dagvattenhanteringen ingå som en del i gestaltningen av området. För att klara extremflöden skapas kontrollerade översvämningssytor dit vattnet leds tillfälligt från områden känsliga för översvämningar.

(Västerås stad 2014a, s. 30)

Hänsyn måste tas till markföroreningarna inom området och infiltration av dagvatten får inte leda till att föroreningar sprids (Västerås stad 2014a, s. 30).



Fig. 51. Exempel på en kontrollerad översvämningssyta i Augustenborg Malmö Foto: Sofia Sjödin

Dagvattenutredning Kopparlunden

I dagvattenutredningen (Geosigma 2013) förespråkas att inget dagvatten infiltreras inom området på grund av markföroreningarna utan istället renas och fördröjs lokalt innan det leds vidare till omkringliggande dagvattensystem. Inom området finns idag endast några mindre grönytor där nederbörd infiltrerar och bildar grundvatten (Geosigma 2013). Dagens dagvattensystem, se figur 52, bedöms vara i dåligt skick och befintlig dagvattenhantering kommer avvecklas i samband med att området utvecklas (Geosigma 2013).

Avrinningsområde och flödesvägar för området har identifierats (Geosigma 2013) liksom ett

instängt område vid lågpunkten vid Pilgatan som kan få problem vid extrema nederbörds mängder, se figur 52. Krav på maximal avrinning från området är 20 l/s·ha och riktvärdet för föroreningshalten är nivå 2S enligt Riktvärdesgruppens värdering (Geosigma 2013). Nivå 2 motsvarar ett delavrinningsområde uppströms utsläppspunkt i recipient och S gäller då recipienten är en större sjö eller hav (Stockholms Läns Landsting 2009). Utifrån schablonvärden på föroreningshalten för den föreslagna markanvändningen är bedömningen att viss rening krävs för att möta riktvärdena för alla ämnen, ett behov som kan uppnås genom dagvattenlösningar som kombinerar rening och fördröjning till exempel en damm eller en översilningsyta (Geosigma 2013). Dag-

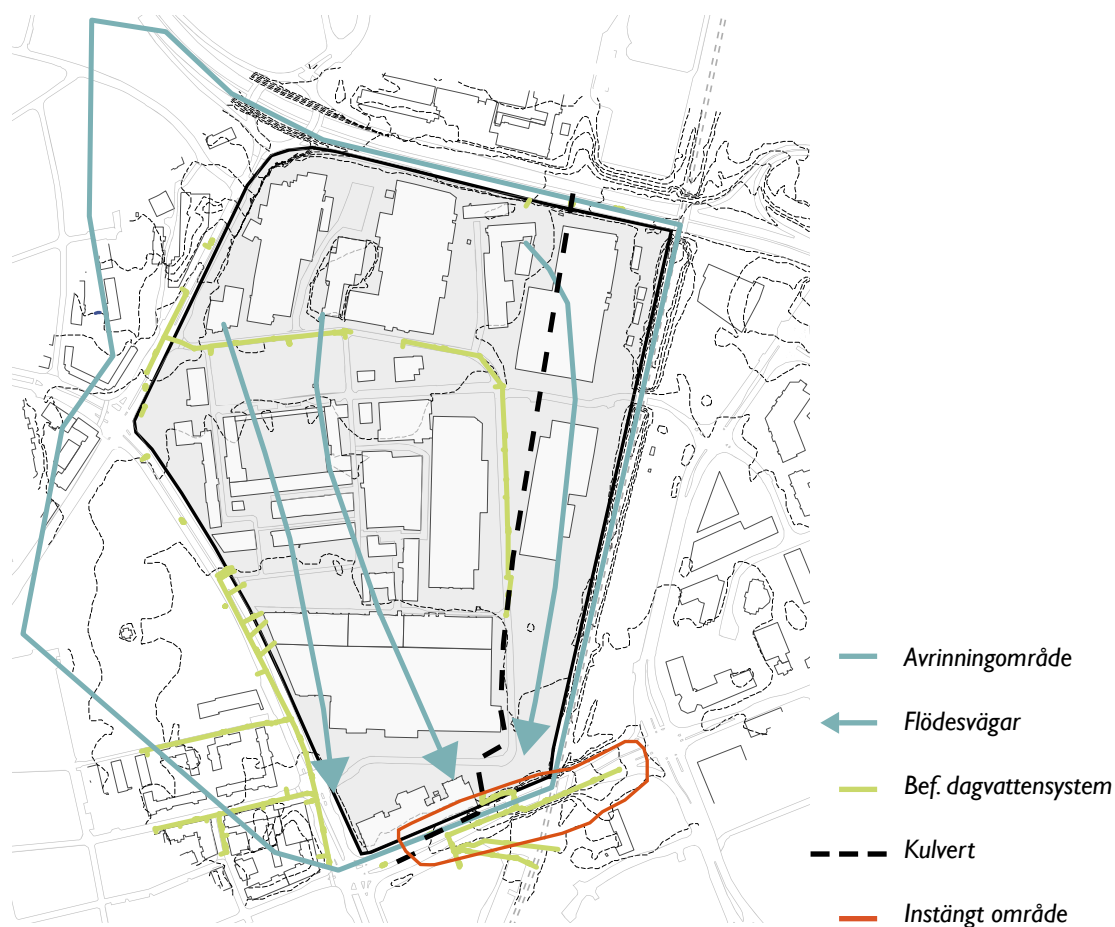


Fig. 52. Nuvarande förhållanden i Kopparlunden med dagvattenledning, avrinningsområde och flödesvägar, liksom identifierat instängt område. Efter Geosigma 2013.

vattenflöden har beräknats utifrån ett 10-års regn med 10 minuters varaktighet. Eftersom det inte finns några detaljerade planer för området än presenteras tre möjliga framtidsscenarier utifrån olika tänkta avrinningskoefficienter för att få fram behövd magasinvolym. Resultatet varierar mellan 122-94 m³/ha beroende på avrinningskoefficient (0,85 – 0,65). Dagens avrinningskoefficient för hela området är uppskattad till 0,84 och då utgörs området till mer än 99 % av hårdgjorda ytor (Geosigma 2013).

För att rena och fördröja dagvatten utan infiltration föreslås ett konstgjort grundvattenmagasin med en grovkornig friktionsjord nedsänkt under befintlig marknivå och avgränsat med ett tätskikt (Geosigma 2013). Se figur 53. Friktingsjorden kan överlagras av ett lager matjord för att möjliggöra plantering så att lösningen kan bli en del av exempelvis ett parkstråk. Dagvatten infiltreras genom magasinet och leds sedan vidare till det befintliga dagvattensystemet.

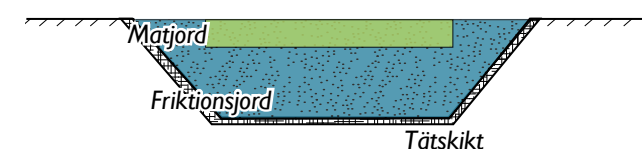


Fig. 53. Principsektion konstgjort grundvattenmagasin, efter Geosigma (2013).

Dagvattenutredningen presenterar även andra förslag på både storskaliga och småskaliga dagvattenlösningar, varav det senare är vad som förespråkas i planprogrammet. De småskaliga lösningarna som nämns är gröna tak, svackdiken, kontrollerade översvämningssytor och olika typer av växtbäddar och planteringar vilka kan användas både vid nybyggnation och i anslutning till befintliga byggnader (Geosigma 2013). Gröna tak minskar drastiskt avrinningen från takytan

genom att magasinera nederbörden, men vid kraftigare regn sker dock ytavrinning (Geosigma 2013). Gröna tak kan anläggas på nya byggnader i Kopparlunden, men för den äldre bebyggelsen krävs en bedömning för varje enskild byggnad om gröna tak är lämpligt utifrån den kulturhistoriska aspekten (Geosigma 2013). För svackdiken, trädplanteringar och växtbäddar föreslås ett avgränsande tätskikt i botten och att bräddat överskottsvatten leds vidare till det övriga dagvattensystemet. Konstgjorda grundvattenmagasin föreslås även i mindre skala, där de i parkmiljöer kan övergå i öppna dammar (Geosigma 2013). Kontrollerade översvämningssytor föreslås som ett sätt att hantera extrema nederbörds mängder och kan vara en nedsänkt hårdgjord yta, till exempel en bollplan eller en torgyta, dit dagvatten leds tillfälligt vid behov men som annars används för allmänna ändamål (Geosigma 2013).

Dagvattenutredningen togs fram innan Dagvattenpolicyn antogs, men stämmer bra överrens med de riktlinjer som handlingsplanen anger.

Dagvattenkulverten

Det har funnits en idé i planprocessen om att öppna upp kulverten som går under området och skapa ett stråk utefter den⁵ men man har inte gått vidare med det i planprogrammet. Enligt Lena Höglund på Mälarenergi avleds större delen av Emausbäcken innan kulverteringen så flödet i kulverten består mestadels av dagvatten och är därför väldigt varierat.⁶ Utifrån de förutsättningarna bedöms inte ett öppnande som aktuellt.

⁵ Ingrid Legrell Crona Planarkitekt Stadsbyggnadskontoret Västerås Stad, samtal 30 januari 2014

⁶ Lena Höglund Mälarenergi, samtal 15 maj 2014

PROGRAM

Jag har utgått från den planerade strukturen för området som föreslås i planprogrammet, liksom de riktlinjer som där ges för gestaltningen. Inför fortsatt arbete krävs dock en avvägning och ett tydliggörande av vissa aspekter liksom en diskussion kring lämpliga dagvattenlösningar, vilket följer här.

Framtida struktur

Planprogrammets struktur med huvudstråk och torgytor användes som utgångspunkt i förslaget. Variationen mellan de olika föreslagna platserna, både i skala och karaktär, ger goda möjligheter att integrera olika typer av dagvattenlösningar i gestaltningen för en intressant helhet. Planprogrammet presenterar inget förslag på en ny kvartersstruktur, men förutsättningarna för framtida exploatering bedöms vara bäst i de yttre delarna av området som inte har samma kulturhistoriska värde som den äldre industribebyggelsen i kärnan. Fortsatt arbete utgår från att dessa delar utvecklas mot en tätare bebyggelsestruktur med bostäder, lokaler och kontor samlade kring gårdsmiljöer och med ett småskaligt gatunät med viss parkering. Detta redovisas schematiskt i förslagets illustrationer.

Efterbehandlingsmetoder

Markföroreningarnas totala utbredning inom området är inte känd idag. En framtida utveckling kan dock anpassas efter föroreningsituation där byggnader eller hårdgjorda ytor placeras ut strategiskt. Även om de översta marklagren schaktas bort och ersätts med rena massor kan infiltration av dagvatten bidra till att föroreningar sprids om de undre lagren är förorenade. Förutsättningarna i det här arbetet är att infiltration ska undvikas inom hela området, vilket kan komma att omvärderas när området undersöks mer utförligt. Att använda dagvattenlösningar där vattnet infiltrerar bör då övervägas om övriga

förutsättningar, grundvattensytans läge och jordartens infiltrationskapacitet, tillåter det. Att återanvända massor som växtjord är ett bra mål för att minska transporter, vilket bör utredas i processen.

Dagvattenhantering

Inom området planeras inga grönytor eller parkområden där en större dagvattenlösning för samlad fördröjning anses lämplig. Istället integreras mindre lösningar genomgående i strukturen. Förutom de dagvattenlösningar som nämns i dagvattenutredningen och planprogrammet finns ytterligare några som med fördel kan användas på förorenad mark i en tät stadsstruktur. Alla tänkbara dagvattenlösningar för Kopparlunden redovisas med symboler i figur 54. Jag har valt att kalla växtbäddar som används i dagvattenhanteringen för regnbädd (rain garden) respektive växtbädd träd, där det senare åsyftar växtbäddar för större träd i hårdgjord miljö där skelettjord kan behövas för att skapa bra växtförutsättningar.

Öppna rännor för avledning av dagvatten kan användas där plats inte finns för anläggning av växtbäddar eller svackdiken exempelvis vid smala gatusektioner. Uppsamling av vatten för bevattning och liknande kan utnyttjas för att minska avrinningen från områdets takytor. Permebla beläggningar är också möjligt inom området. Att synliggöra dagvattenhanteringen i lösningar som lyfter fram vattnets estetiska värde kan med fördel användas inom området för att skapa mervärden men också för att profilera Kopparlunden och göra dagvattenhanteringen till ett synligt element i gestaltningen. Tillfälliga vattenspeglar och vatteneffekter är exempel.

Lösningen med konstgjorda grundvattenmagasin från dagvattenutredningen (Geosigma 2013) kan ses både som ett underjordiskt fördröjnings-

magasin eller som en växtbäddslösning. Jag har här valt lösningarna regnbädd och växtbädd träd istället eftersom de blir mer precisa och magasinvolymen också här kan anpassas.

Dagvattenhanteringen anpassas till områdets befintliga topografi och uppskattat reningsbehov. För dagvatten från vägar och parkeringsytor har ett reningsbehov antagits, medan dagvatten från övriga ytor inte anses vara i behov av samma reningsåtgärder men likväl fördröjning. Täta lösningar används för att undvika infiltration i underliggande marklager. Befintliga träd bör sparas i så stor utsträckning som möjligt för klimatutjämning och minskad avrinning liksom som stomme i områdets grönstruktur.

Eftersom framtida markanvändning inte är fastställd är det svårt att uppskatta dagvattenflöden och behövd magasinvolym för områdets olika delar. Att dimensionera lösningar så att avrinningen från området anpassas till uppställda krav blir aktuellt först i ett senare skede. Detsamma gäller exakt placering av de olika lösningarna. Då stora parkeringsytor enligt planprogrammet ska undvikas görs dock bedömningen att andelen hårdgjorda ytor inom området kommer minska till förmån för grönytor i en framtida utveckling, vilket kommer minska behövd magasinvolym.

Gestaltningaspekter

Dagvattenlösningar för gårdsmark, gata, stråk och de föreslagna platserna anpassas efter de tänkta funktionerna och karaktärerna. Vegetationslösningar eller lösningar som utnyttjar vattnets upplevelsemässiga kvaliteter är att föredra då de skapar mervärden i området, jämfört med till exempel underjordiska magasin som därför utesluts. Särskild hänsyn tas till den kulturhistoriska värdefulla miljön. Lösningarna anpassas till en tät stadsstruktur.

Programpunkter

- Småskaliga dagvattenlösningar integreras i strukturen. Dagvattenhanteringen synliggörs.
- Dagvattenlösningarna anpassas till önskade karaktärer och funktioner för de olika delarna inom Kopparlunden.
- Utformning i den inre kärnan anpassas till den kulturhistoriska miljön
- Rening genom vegetationslösningar där behov finns.
- Lösningarna anpassas efter förutsättningen förorenad mark - inget dagvatten infiltreras

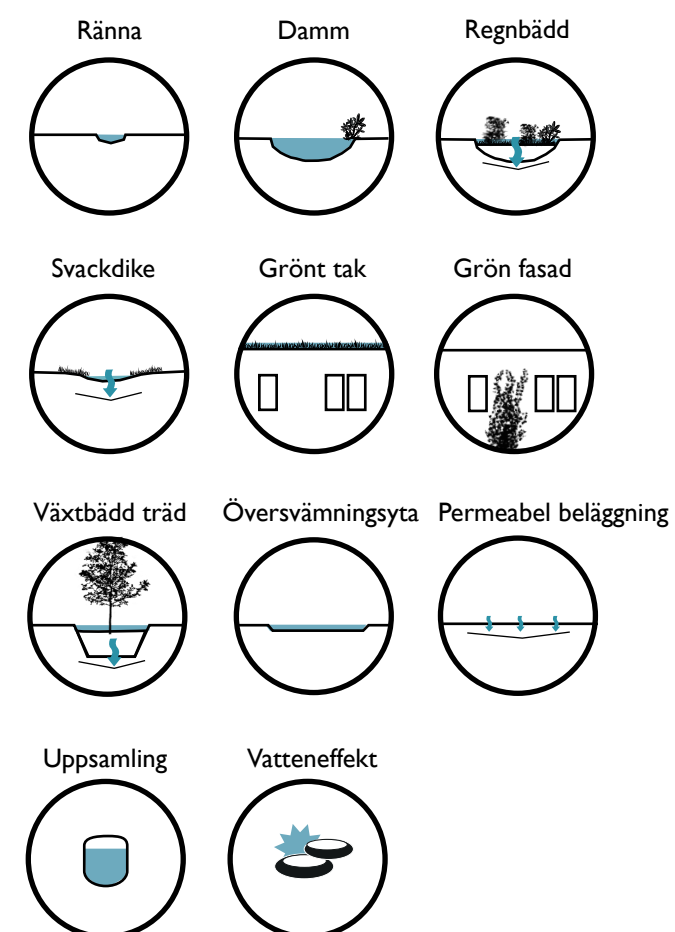


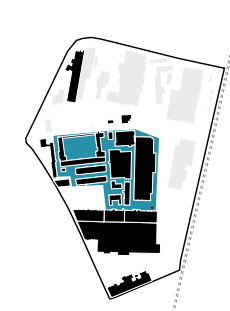
Fig. 54. Dagvattenlösningar för Kopparlunden

ÖVERGRIPANDE DAGVATTENHANTERING

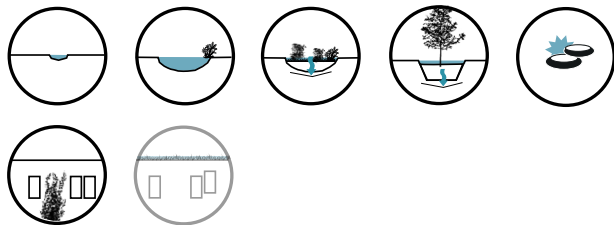
Dagvatten fördröjs genom lokalt omhändertagande inom respektive gårdsmiljö, gata samt torgytor och stråk innan eventuellt överskottsvatten leds vidare till ledningsnätet eller till lösningar längre ner i kedjan. För att bidra till områdets karaktär och för att skapa mervärden genom dagvattenhanteringen föreslås i första hand vegetationslösningar liksom lösningar som tar vara på vattnets estetiska och upplevelsemässiga värden. Vegetationslösningar bidrar till ett förbättrat lokalklimat och till rening av dagvattnet, där det senare är mest relevant för de trafikerade ytor inom området. Befintliga träd sparas i den mån det är möjligt.

Dagvattenlösningar områdesvis

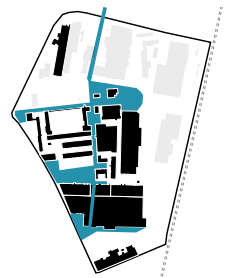
Här presenteras tänkbara lösningar för respektive delområde inom Kopparlunden. Urvalet baseras på förväntad platstillgång, reningsbehov, karaktär och funktioner. Dagvattenlösningarna ska kunna integreras i den tänkta strukturen men också utnyttjas som en resurs inom området. Dammar, regnbäddar, växtbäddar, svackdiken och permeabla beläggningar utformas som tätta lösningar.



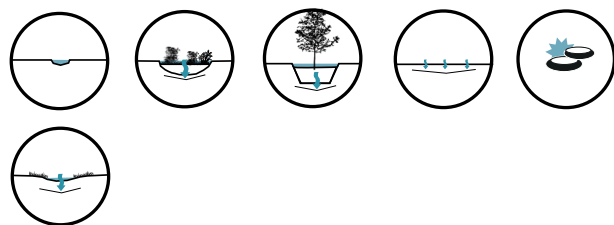
Den historiska kärnan



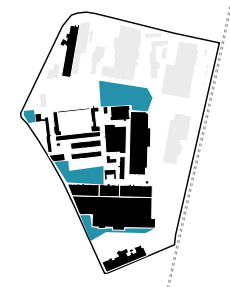
Rännor - avledning vid platsbrist
Mindre dammar, regnbäddar och växtbäddar - för fördröjning och rening inom strukturen.
Gröna fasader - passar i den småskaliga miljön och karaktären.
Uppsamlingspunkter för effekt
Gröna tak - möjligheten på befintliga byggnader undersöks vidare.



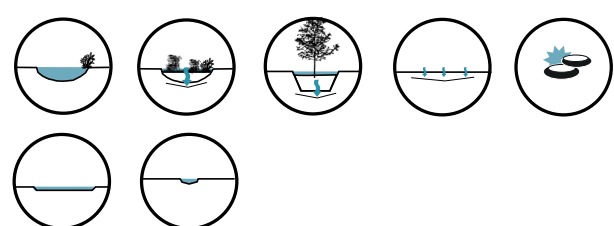
Huvudstråket



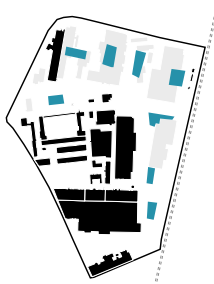
Rännor - avledning vid platsbrist
Regnbäddar, växtbäddar och svackdiken - för fördröjning och rening längs med stråket
Permeabel beläggning
Uppsamlingspunkter för effekt



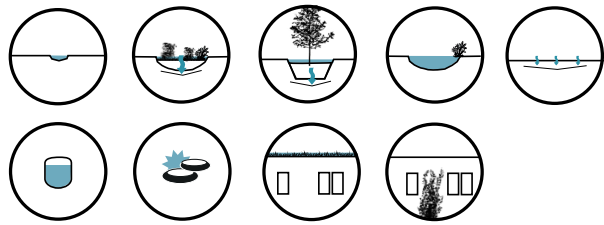
Större torg/platser



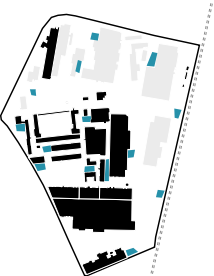
Dammar, regnbäddar och växtbäddar - för fördröjning och rening inom ytorna
Rännor - avledning av överskottsvatten
Översvämningsytor - fördröjning inom området vid större nederbördsmängder
Uppsamlingspunkter för effekt
Permeabel beläggning - minskad avrinning från till exempel mindre parkeringsytor.



Gårdsmiljöer inom nyetablering



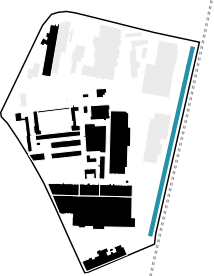
Dammar, regnbäddar och växtbäddar - för fördröjning och rening inom gårdsmiljön
Rännor - avledning av överskottsvatten
Permeabel beläggning
Gröna tak och fasader - Minskad avrinning och klimatutjämning
Uppsamlingspunkter för bevattning, lek och effekt



Fickparker



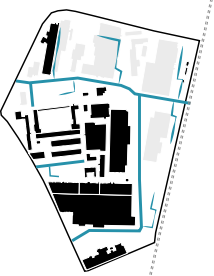
Mindre dammar, regnbäddar och växtbäddar - för fördröjning och rening
Permeabel beläggning
Uppsamlingspunkter för effekt



Biologiskt stråk längs med järnvägen



Dammar, regnbäddar och svackdiken - för fördröjning och rening av överskottsvatten från omgivande ytor



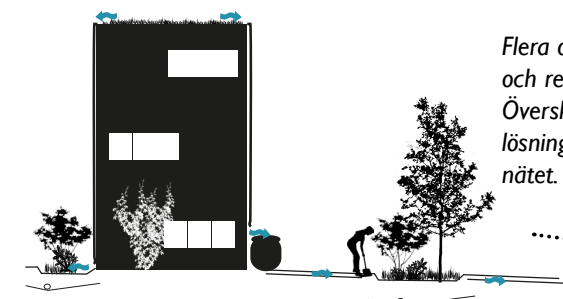
Trafikerade ytor



Regnbäddar, växtbäddar och svackdiken - för fördröjning och rening
Permeabel beläggning - minskad avrinning från mindre parkeringsytor.
Rännor - avledning vid platsbrist

FÖRSLAG

Exempel på hur dagvattenlösningar kan användas i Kopparlunden. En framtida struktur redovisas här schematiskt. Pilarna representerar flödesvägar anpassade efter områdets topografi, men analyseras vidare i senare planeringssteg. Pilar i orange visar avledning av överskottsvatten.



Flera olika LOD-lösningar för fördröjning och rening används inom gårdsmiljöerna. Överskottsvatten leds i rännor till LOD-lösningar längs gata, eller till ledningsnätet. Se sida 34.



Dagvatten avleds i rännor i den historiska kärnan. Längs med stråket utnyttjas takvatten för effekt och samlas i mindre uppsamlingspunkter. Se sida 30.

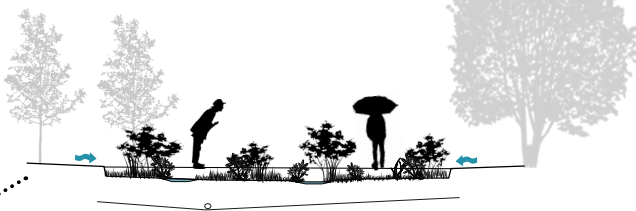


En nedsänkt scen med sittmöjligheter används som en kontrollerad översvämningsyta vid stora nederbördsmängder. Se sida 32.

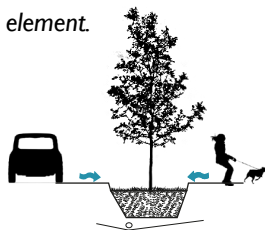
Befintlig vegetation, i synnerhet större träd, sparas i den mån det är möjligt



En större regnbädd för fördröjning och rening av dagvatten från omgivande ytor integreras i det Gröna torget. Se sida 31.



Växtbäddar anläggs längs med huvudgator för fördröjning och rening. Skelettjord kan användas för bättre växtförutsättningar och magasineringskapacitet. Möjligheten att anpassa befintliga trädplanteringar bör undersökas för att bevara den stomme de utgör i grönstrukturen idag. Längs lågfartsområdet används växtbäddar och regnbäddar för dagvattenhantering och som hastighetsdämpande element.



Ett svackdike med friare utformning och tillfälligt stående vatten föreslås längs det biologiska staket. Växter som gynnar biologisk mångfald används. Se sida 33.



Lågpunkten under Pilgatans viadukt är ett kritiskt område vid stora nederbördsmängder. Höjdsättningen i den här delen säkerställer att inget dagvatten från Kopparlunden rinner dit. En kontrollerad översvämningsyta är också en möjlighet.

ON 1:5000

Fig. 55. Förslag på hur dagvattenlösningar som kan användas inom Kopparlunden

HUVUDSTRÅKET GENOM INRE KÄRNAN

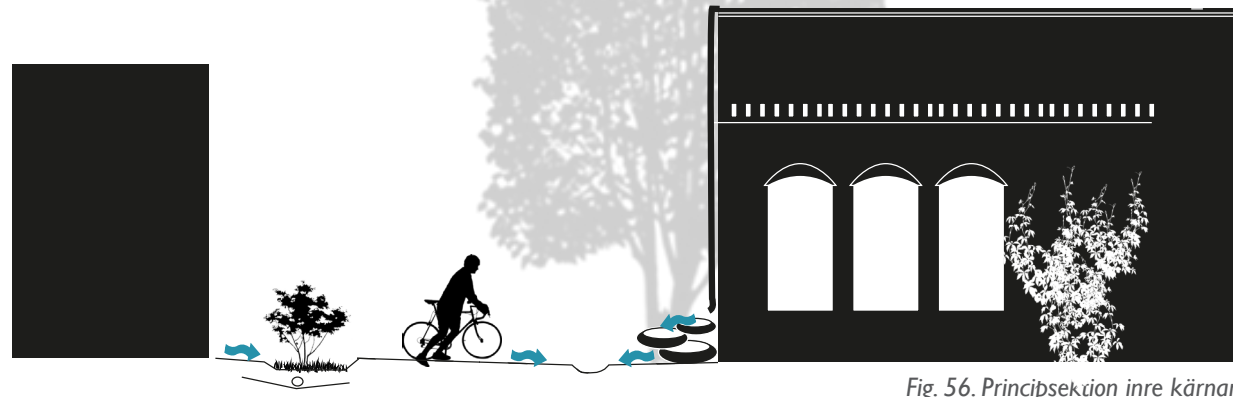


Fig. 56. Principsektion inre kärnan



Fig. 60. Visualisering av en uppsamlingspunkt

Gångstråket går igenom kärnområdet med äldre industribyggnader, där begränsat med utrymme finns för att anlägga större dagvattenlösningar. Dagvatten leds till regnbäddar och små dammar vid mindre platsbildningar och fickparker. Överskottsvatten samlas upp i gatstensrännor för avledning. De rännor som finns idag kan användas, men anpassas för att klara ökade nederbörds-mängder och några av de befintliga brunnarna stryps för längre avledning av vattnet.

Takvatten fördröjs i ett antal uppsamlingspunkter där vattnets upplevelsemässiga och estetiska kvaliteter tas tillvara. Uppsamlingspunkterna skapar mervärden längs med stråket innan dagvatten leds vidare i gatstensrännorna, se figur 60. Material och detaljer anpassas till den historiska karaktären. Att använda föremål som knyter an till Kopparlundens tidiga industriverksamhet ger uppsamlingspunkterna ett symboliskt mervärde även när det inte regnar. Klätterväxter längs fasaderna, både befintliga och nyplanterade bidrar till klimatutjämning.

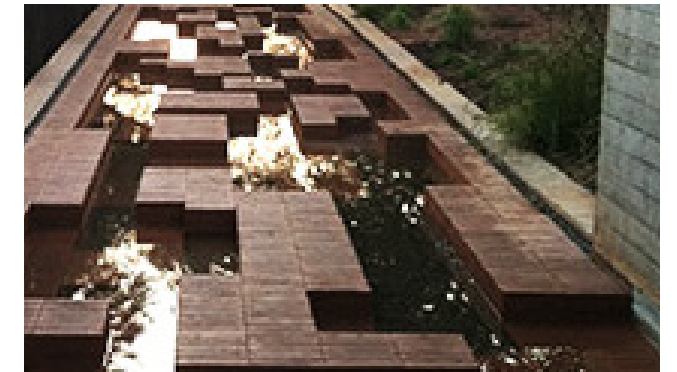


Fig. 57. Inspiration vattenspegel
Foto: NLA Bagale GREENinc



Fig. 58. Inspiration uppsamlingspunkt
Foto: Joshua Hackett



Fig. 59. Inspiration uppsamlingspunkt med industrianknytning Foto: Kristin Träff

GRÖNA TORGET

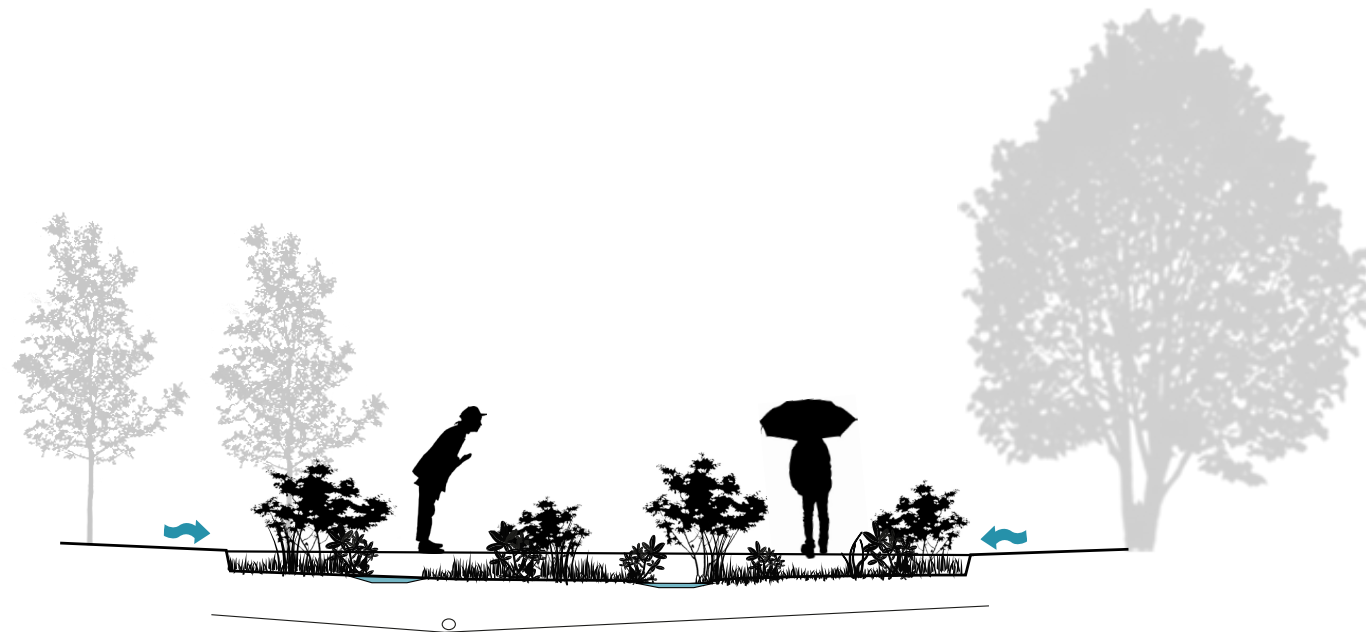


Fig. 61. Principsektion Gröna torgets regnbädd

På det gröna torget föreslås en större regnbädd som samlar dagvatten från omkringliggande område för fördröjning och rening. Gestaltning och växtval görs med stor omsorg för att skapa en spännande planteringsyta med estetiska och upplevelsemässiga mervärden. Eftersom det inom området finns begränsat med grönyta är det viktigt att dagvattenanläggningen integreras i torgytan och inte hämmar andra viktiga funktioner. Spänger ger möjlighet att korsa planteringen och komma nära så att dagvattenlösningen blir en aktiv del av torgytan. Mindre, tillfälliga vattenspeglar kan skapas inom planteringsytan.

Vatten från omgivande takytor leds till planteringen via rännor. Anläggningen avgränsas med ett underliggande tätskikt och dränering för att förhindra infiltration och renat överskottsvatten leds vidare till ledningsnätet.

En regnbädd är en planteringsyta särskilt anpassad för att ta emot dagvatten och ligger nedsänkt i förhållande till omgivande ytor. Nedsänkningen gör att vatten kan magasineras på ytan innan det rör sig ner i profilen. Växtbäddsmaterialet har hög genomsläpplighet och är anpassat för att rena dagvattnet genom mekaniska, biologiska och kemiska processer. Under anläggs ett dränerande lager med friktionsjord för att kunna magasinera större nederbörds mängder. Växterna i en regnbädd måste klara både väl-dränerad jord och tillfälligt stående vatten (Clean Water program 2013, ss. 89-91).

Exempel på växter som klarar sig bra i ett nordiskt klimat är fackelblomster *Lythrum salicaria*, jättedaggkäpa *Alchemilla mollis*, kastanjerodgersia *Rodgersia aesculifolia* och trädgårdssiris *Iris x germanica* (Norges vassdrags- og energidirektorat 2013, s. 43).



Fig. 62. Inspiration rännor för vatteneffekt
Foto: GHD



Fig. 63. En större regnbädd på en torgyta
Foto: Chris Kreussling



Fig. 64. Regnbädd på Gröna torget

KULTURTORGET



Fig. 65. Principsektion tillfällig översvämningsyta



Fig. 66. Tillfällig översvämning med möjlighet till passage



Fig. 67. Inspiration integrerad lek
Illustration: DE URBANISTEN



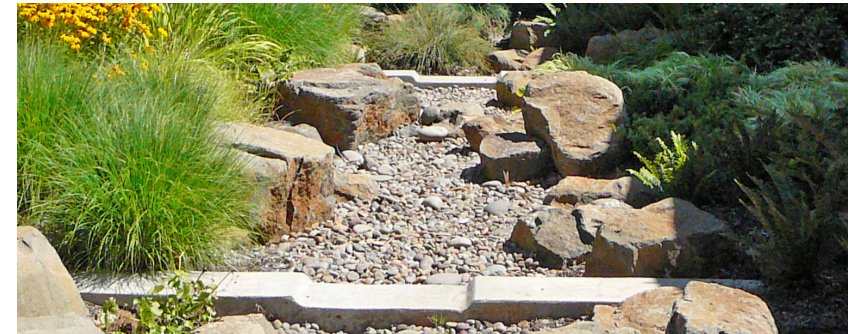
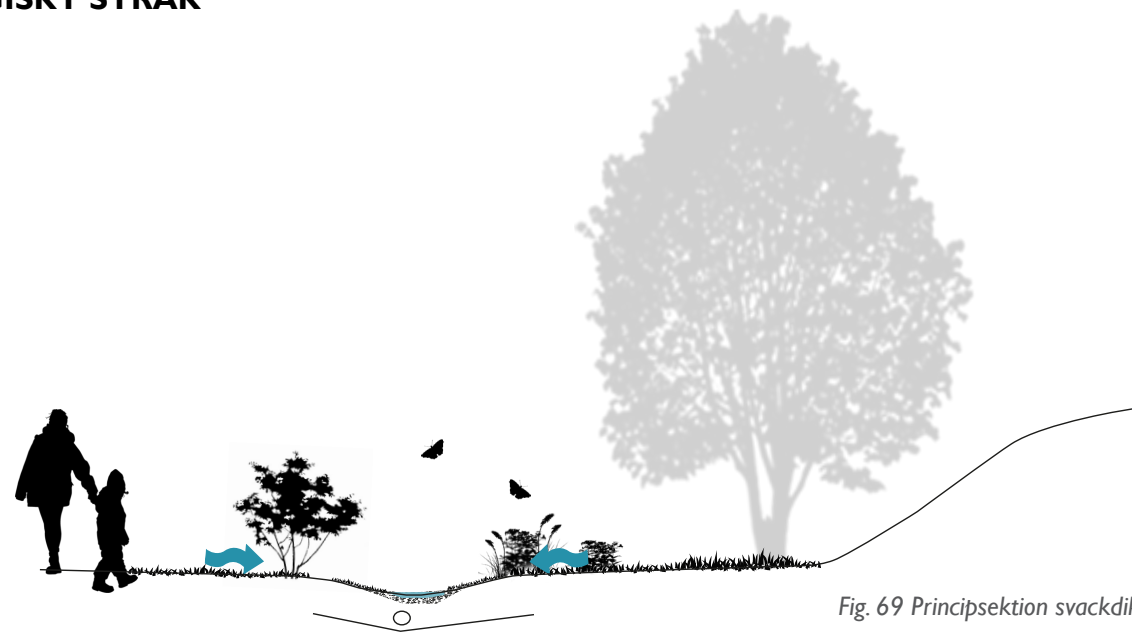
Fig. 68. Visualisering av en tillfällig översvämningsyta
utformad som en nedsänkt scen.

Enligt planprogrammet ska kulturtorget utvecklas till en plats för olika typer av uppträdanden nära kopplat till CuLTURENS verksamheter och jag har därför antagit en större hårdgjord torgyta på platsen.

Både växtbäddar och regnbäddar kan användas för att fördröja och rena dagvatten på torgytan men för att utjämna större flöden kan en tillfällig översvämningsyta anläggas. En nedsänkt scenlösning dit dagvatten kan ledas vid extrema nederbördstillfällen föreslås på platsen. Ytan fungerar som ett tillfälligt fördröjningsmagasin och töms långsamt på vatten, så att utflödet från området begränsas. Överskottsvatten från omkringliggande ytor leds hit i rännor. Dagvattnet fördröjs men renas inte i den här lösningen.

I figur 67 visas ett exempel på ett hårdgjort fördröjningsmagasin där ett mindre regn även skapar lekmöjligheter i kanaler i betongytan. Att kombinera olika funktioner på det sättet är ett bra mål i dagvattenhanteringen.

BIOLOGISKT STRÅK



Längs områdets östra kant utefter järnvägen föreslås ett svackdike för fördröjning och rening av dagvatten. Överskottsvatten från angränsande kvarter leds hit, via öppna rännor eller nedgrävda ledningar. Diket planteras med gräs och växter som klarar tillfälligt stående vatten. Ett stenmagasin kan anläggas undertill för att öka magasineringens volymen. För att förhindra infiltration utformas diket med ett tätskikt och underliggande dränering som leder bort överskottsvatten efter att det har filtrerat genom jorden.

Svackdiket följer områdets topografi med en svag lutning ned mot söder där vatten som inte filtrerats samlas upp och leds vidare till ledningsnätet. Längs med stråket anläggs dämmen som skapar tillfälliga mindre vattensamlingar.

Stråket utformas i övrigt med en varierad vegetation som gynnar biologisk mångfald. Sälg och buddleja är exempel på arter som gynnar insekter och fjärilar. Befintliga träd sparas i den mån det är möjligt.

Svackdiket skulle kunna anläggas även innan förväntad exploatering och fördröja och rena dagvatten från de stora tak- och parkeringsytor som finns i anslutning idag.



GÅRDSMILJÖER

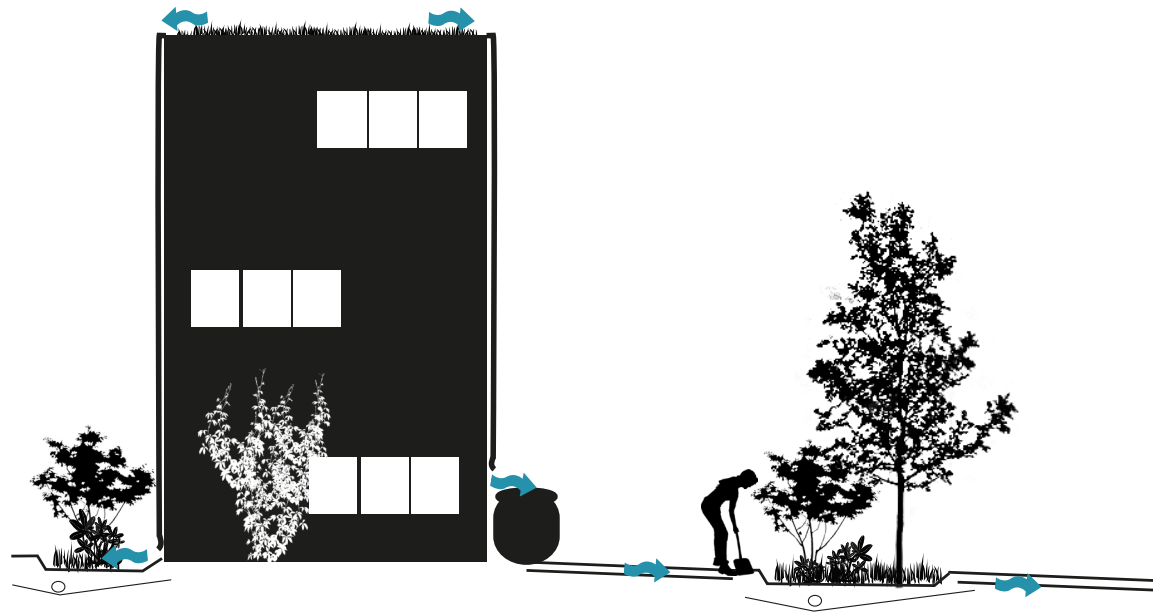


Fig. 73. Principsektion gårdsmiljö

För ny bebyggelse inom området föreslås gröna tak för att minska den totala avrinningen. Både extensiva gröna tak med sedumväxter eller intensiva gröna tak med vistelseytor kan användas i dagvattenhanteringen. Intensiva gröna tak kräver mer skötsel, men bidrar med rekreativa mervärden. Gröna fasader passar bra även för mindre utrymmen och bidrar med en klimatutjämnande effekt.

Uppsamling av regnvatten på gården kan användas till bevattning av odlingsytor och planteringar och för lek. Regntunnorna har ett system för överbräddning som leder bort överskottsvatten. Den här lösningen passar bäst för bostadsgårdar men att samla regnvatten för wc-spolning är en möjlighet att undersöka vidare för all typ av bebyggelse. Uppsamlingspunkter med vatteneffekt tillför estetiska värden.

Täta regnbäddar och växtbäddar kan användas för att hantera överskottsvatten på gården, liksom mindre dammar. Gårdar som anläggs på bjälklag har alltid underliggande dränering och här kan dagvatten även infiltreras på gräsytor inom gården förutsatt att bärigheten är tillräckligt hög.

I områdets östra delar leds överskottsvatten i öppna rännor till svackdiket och i övriga fall till växtbäddar längs gata eller till ledningsnätet.



Fig. 74. Dagvattenhantering i gårdsmiljö
Foto: La Citta Vita



Fig. 75. Uppsamling av regnvatten
Foto: Seuss



Fig. 76. Intensivt grönt tak
Foto: Lisa B



Fig. 77. Visualisering gårdsmiljö

REFLEKTION

Det finns en rad dagvattenlösningar som kan användas inom Kopparlunden trots förutsättningarna med förorenad mark. Jag har i förslaget försökt lyfta fram ett antal olika idéer för att visa på möjligheterna inom området, men föreslagen utformning är bara en av många tänkbara alternativ. Eftersom öppna dagvattenlösningar är relativt nytt i Västerås finns det dock ett värde i att utnyttja många olika lösningar. Både för att skapa referenser inom staden till kommande projekt och för att kunna utvärdera de olika metoderna och anpassa framtida lösningar. Att se området som ett pilotprojekt för att få mer kunskap om synlig dagvattenhantering skulle vara värdefullt för utvecklingen av andra hållbara stadsmiljöer i Västerås liksom i Sverige i stort.

Att lyfta fram och synliggöra dagvattnet tror jag skapar förutsättningar för att det blir ett accepterat och uppskattat inslag i stadsdelen. Vattnets estetiska egenskaper kan tillföra flera mervärden till stadsmiljön och även bli ett signum för Kopparlundens dagvattenhantering. Uppsamlingspunkter som ett återkommande element kan användas för att knyta ihop stadsdelens olika delar och här finns också möjligheten att lyfta fram områdets historia genom att integrera industriföremål i utformningen. Synliggörandet har också ett pedagogiskt värde och informationsskyltar som förklarar dagvattenhanteringen och kopplar till det större perspektivet med Mälaren som recipient är en möjlighet.

Förslaget utgår från planprogrammets struktur för området, där exakt läge, avgränsning och utformning kommer att studeras vidare. Att ha idéer för hur dagvattenhanteringen kan integreras i området är viktigt inför kommande planering, men en rad aspekter kommer påverka den slutgiltiga utformningen. Dagvattenlösningarna är bara en del av framtida park- och torgytor och

måste givetvis samordnas med övriga funktioner. Integrerade lösningarna för att skapa multifunktionella ytor kan vara ett bra mål. Förslaget med en scen som också fungerar som en tillfällig översvämningssyta är ett exempel på ett sådant tillvägagångssätt och principen kan användas för lektyor, skateparker, sportplaner med mera.

Fokus har här legat på synliga lösningar där vegetation spelar en stor roll, men underjordiska magasin kan vara ett bra komplement för att skapa en större fördröjningssvolym inom området. Även om andelen grönyta ökar har många av de äldre byggnaderna stora takarealer som ger upphov till betydande mängder dagvatten. Förslaget har begränsats av svårigheterna med att uppskatta det verkliga behovet av fördröjning och dimensionering av de olika lösningar. Vid en mer detaljerad gestaltning behöver även utformningen av inlopp, erosionsskydd, material, vegetation och tillgänglighetsanpassning specificeras. Sådana detaljer skulle kunna utformas på liknande sätt genomgående i området för att knyta samman lösningarna och tydligt visa på hur och var dagvatten hanteras.

Säkerhet är en annan aspekt som behöver diskuteras. Då en del lösningar ligger nedsänkta i förhållande till omgivande mark kan en markering behövas. I Västra hamnen i Malmö har dagvattenrännorna markerats med en mörkare beläggning som kontrasterar mot den i övrigt ljusa markbeläggningen, vilket verkar vara en fungerande metod. Att använda räcken runt lösningar där vatten tillfälligt blir stående motverkar idén om att kunna komma nära och lösningarna kan istället utformas så att vattendjupet ökas successivt.

Regelbunden skötsel är en förutsättning för att lösningarna ska bli positiva inslag i stadsmiljön. Sedimenterade partiklar kan göra att vattenge-

nomsläppligheten minskar och det översta lagret i vegetationslösningarna kan därför behöva bytas ut med jämna mellanrum. Att lösningarna hålls fria från skräp är också viktigt för upplevelsen.

Framtida exploatering kommer troligtvis att ske under ett långt tidsperspektiv vilket gör att dagvattenhanteringen också blir intressant att diskutera utifrån befintliga förutsättningar. Att fördröja och rena dagvatten från områdets stora hårdgjorda ytor genom anläggning av ett svackdike längs med järnvägen är en möjlig åtgärd redan nu liksom att anlägga gröna tak på lämpliga byggnader för att minska avrinningen. En klimatanpassning kan kräva förebyggande åtgärder även i befintliga strukturer för att skapa en robust stadsmiljö som klarar stora nederbördsmängder.

DISKUSSION

Syftet med arbetet var att samla kunskap kring dagvattenhantering på förorenad mark för att ge en aktuell bild av vilka olika dagvattenlösningar som kan användas liksom riktlinjer vid planering och utformning.

Arbetet utgick från frågeställningarna:
Vad ska man tänka på vid planering och utformning av hållbar dagvattenhantering på förorenad mark?

Hur kan en hållbar dagvattenhantering utformas i stadsdelen Kopparlunden utifrån förutsättningarna med förorenad mark liksom kommunens visioner för området?

Sammanfattningsvis har jag diskuterat förhållningssätt och dagvattenlösningar som kan användas på förorenad mark, men även vilka mervärden dagvatten kan bidra till i stadsmiljön och hur lösningarna kan anpassas till en specifik plats karaktär och funktion.

Många av de riktlinjer som sammanfattades för dagvattenhantering på förorenad mark kan sägas gälla allmänt för planering av dagvattenhantering. Att dagvattenhanteringen kommer in tidigt i planeringen är till exempel en viktig förutsättning eftersom öppna lösningar kräver ett visst utrymme som måste säkerställas tidigt. Ett integrerat arbete över olika yrkesområden är också en viktig förutsättning. Att dimensionera rätt och göra medvetna växtval anpassade efter både dagvattenlösningen och platsen är generella principer.

För dagvattenhantering på förorenad mark kan de flesta lösningar där infiltration normalt sker användas, om de avgränsas med någon typ av tätskikt och underliggande dränering. Referensprojekten gav olika exempel på täta lösningar, men fler alternativ än vad som nämnts här är

säkert tänkbara. Geomembran kan vara ett sådant exempel. Infiltration av dagvatten kan vara problematiskt även vid en hög grundvattenyta eller vid höga lerhalter med dålig infiltrationskapacitet. Underliggande dränering kan behövas även i det senare fallet för att leda bort över-skottsvatten, men skillnaden blir att tätheten inte behöver garanteras som i fallet på förorenad mark. Funderingar kring när det är effektivt att använda sig av tätskikt och underliggande dränering jämfört med erhållen fördröjningsvolym har varit återkommande under arbetets gång. Att leda dagvatten till en större tät lösning som kan kontrolleras och skötas regelbundet är förmodligen mer kostnadseffektivt än många mindre om det finns en osäkerhet i metoden.

Metodreflektion

En litteraturstudie genomfördes för att ge en bakgrundsbild till hållbar dagvattenhantering i stort liksom dagvattenhantering på förorenad mark. För det senare fanns begränsat med information att tillgå, vilket gjorde att litteraturstudien även innefattat amerikanska källor. Detta bidrog till att en översättning var nödvändig, vilket kan ha lett till subjektiva tolkningar. En del av förkommande begreppen, till exempel grön infrastruktur, har en annan definition på svenska vilket krävde ett förtydligande. För andra begrepp kändes en svensk översättning inte nödvändig, till exempel för rain garden som förekommer även i Sverige, med reservation för att begreppet kan definieras på olika sätt. Min uppfattning är att inspirationen när det gäller dagvattenhantering ofta hämtas från exempel i USA, i synnerhet från Portland, vilket gör att amerikanska källor är intressanta för att ge ett bredare perspektiv.

Att komplettera litteraturstudien med referensprojekt gav en ökad förståelse för hur de olika

lösningarna kan tillämpas och hur dagvattenhanteringen generellt kan utformas i stadsmiljö. Valet av referensprojekt baserades främst på att de var projekt där det fanns material att studera och där förorenad mark tydligt uttrycktes som en förutsättning. Även om mängden tillgängligt material och detaljeringsgraden skiljde sig åt mellan de olika projekten återfanns många gemensamma principer för dagvattenhanteringen som gav intressanta slutsatser. För Emeryville var det svårare att hitta information och komma i kontakt med personer som varit engagerade i utformningen. Beskrivningen av projekten bygger därför i stort på egna observationer utifrån foton och planer vilket ger en mer begränsad förståelse. Ett platsbesök hade kanske gett upphov till andra slutsatser. Emeryvilles generella riktlinjer tillsammans med användandet av andra dagvattenlösningar än vad som är vanligt i Sverige gav dock ett intressant underlag för diskussion och jämförelse. Det var också relevant att studera praktiska exempel på utformningen av dagvattenlösningar, eftersom det ger en annan förståelse och inspiration än teoretiska beskrivningar.

Att studera fler projekt hade kunnat ge en ökad förståelse och en bredare exempelkatalog på lösningar för förorenad mark liksom på tätskikt som kan användas. Att diskutera problematiken med flera yrkesverksamma med erfarenhet av dagvattenhantering hade också gett ett bredare underlag men rymdes inte inom tidsramen för arbetet. Norra Djurgårdsstaden är inte realiserat och att följa upp hur dagvattenhanteringen fungerar inom området liksom lösningarnas slutgiltiga utformning blir intressant.

Fallstudien

Eftersom Västerås stads planprogram inte fastställer någon framtida struktur var det svårt att ta fram ett detaljerat förslag för dagvattenhan-

teringen. En första idé till arbetet var att ta fram en övergripande strategi och sedan tillämpa den för en utvald plats inom området genom en detaljerad utformning. Eftersom väldigt lite är fastställt i områdets framtida struktur kändes det inte relevant att föreslå dagvattenlösningar med en helt annan detaljeringsnivå, utan snarare visa på möjligheter för området. Jag hade visserligen kunnat ha en mer teknisk ingång och dimensionerat lösningarna baserat på en rad antagande, men det hade också krävt mer utförliga underlag för till exempel höjdsättningen inom området. Förslaget presenterar ett urval av lösningar för platsen, men gör inte anspråk på att vara heltäckande. Underjordiska magasin som fördröjer dagvatten hade till exempel varit möjligt men ett öppet system är att föredra då det ger en annan förståelse för omhändertagandet av dagvatten liksom andra möjligheter att gynna biologisk mångfald och skapa mervärden i stadsmiljön.

I den inledande litteraturstudien beskrevs identifierade gestaltungsutmaningar och en viktig sådan är att utforma dagvattenlösningar som är attraktiva både vid torra förhållanden och samtidigt klarar stora nederbördsmängder (Backhaus A., Dam T. & Jensen M. 2012, s. 42). Att använda dagvattenlösningar där vegetationen spelar huvudrollen bidrar till mervärden även vid torrt väder, men kräver genomtänkta lösningar med avseende på växtbäddsuppbyggnad och växtval för ett bra resultat. För Kopparlunden föreslås vegetationslösningar även för den renande effekten vilket är särskilt viktigt längs trafikerade ytor. Vattnets estetiska egenskaper tas emellertid inte tillvara i sådana lösningar. För de föreslagna uppsamlingspunkterna längs huvudstråket blir utmaningen den motsatta. Hur utformas sådana lösningar som ger mervärden även vid torra förhållanden? Att använda element som anspelar på Kopparlundens industrihistoria är ett sätt

att ge uppsamlingspunkterna en symbolisk roll i områdets utformning oavsett väderförhållanden. Ett pumpsystem som cirkulerar vatten är också ett alternativ, som dock kan ifrågasättas ur ett hållbarhetsperspektiv.

Referenser från genomförda projekt som inspirationskälla var en viktig utgångspunkt i framtagandet av förslaget eftersom jag hade begränsad erfarenhet av dagvattenhantering innan arbetet. En schematisk lösning över dagvattenhanteringen inom området är ett första steg men vid utformningen finns ju sedan alla möjligheter att anpassa lösningarna till övrig gestaltning. En integrerad helhetssyn är grundläggande för skapa fungerande och intressanta utemiljöer.

Dagvattenhantering skulle kunna diskuteras mer under landskapsarkitektutbildningen, med övningar i dimensionering och diskussion kring för- och nackdelar med olika typer av lösningar. Det här arbetet har dock varit en ögonöppnare för möjligheterna att integrera öppna dagvattenlösningar i stadsmiljö och en startpunkt för fortsatt arbete.

Begreppsprecisering

Inom den litteratur jag studerat förekommer en rad olika benämningar på snarlika utformningarna av dagvattenlösningar. För exemplet rain garden förekommer i Sverige även begrepp som regngård, regnbädd, biofilter med flera som syftar på samma typ av lösning, vilket upplevts som förvirrande. Begreppen är dock bra då ett ord som regnbädd ger andra associationer än att prata om en växtbädd för dagvattenhantering men kan ha både för- och nackdelar. Okända begrepp skapar en osäkerhet kring utförande men talar också om att det är något som kräver en genomtänkt utformning. Jag har använt rain garden när jag refererat till engelskspråkiga källor men valde

i mitt eget förslag att använda begreppet regnbädd som en översättning och har då preciserat vad jag åsyftar för typ av lösning. Referensbilder ger också en ökad förståelse. Jag tror även att en del begrepp har skapats för att kunna sälja in en viss lösning på marknaden som en ny unik produkt. Att ha goda kunskaper om uppbyggnad och utformning av olika lösningar är därför viktigt för att kunna utvärdera färdiga system och göra medvetna val.

Begreppet LOD är intressant eftersom det inte finns en gemensam definition utan det används, som av Stahre (2004), enbart för lösningar på privat mark men också i andra fall för all typ av avledning och fördröjning som sker i anslutning till källan. Under min utbildning har jag även upplevt att LOD använts som ett samlingsbegrepp för öppna dagvattenlösningar i stort, men att skilja på lösningar för omhändertagande vid källan och för samlad fördröjning i slutet av avrinningskedjan är tydligare. Vid landskapsarkitektutbildningen i Köpenhamn användes det engelska begreppet SUDS – Sustainable Urban Drainage System, vilket gav en användbar förkortning för hållbar dagvattenhantering generellt. Kanske är det en sådan förkortning som saknas i Sverige och ger upphov till en ibland förvirrande användning av LOD eftersom begreppet inte kan likställas med hållbar dagvattenhantering? Svenskt vatten (2011, s. 15) ger vidare exempel på missförstånd kring LOD och att det kan misstolkas som att allt vatten ska tas omhand lokalt och att ett dagvattensystem då inte behövs inom området. Andelen vatten som kan infiltreras lokalt varierar och som i fallet med förorenad mark handlar det istället om att fördröja och rena dagvatten på plats innan det leds vidare till dagvattensystemet. Att ställa krav på till exempel ett högsta tillåtna dagvattenflöde från området ger en tydligare bild av vilka åtgärder som krävs

jämfört med att bara ange att LOD ska tillämpas.

Dagvattenhantering på planeringsnivå

Hållbar dagvattenhantering är aktuellt och jag tror att vi i framtiden kommer att få se fler exempel på öppna lösningar i stadsmiljön. Västerås Stads nya dagvattenpolicy förespråkar LOD-lösningar där så är möjligt (Västerås Stad Mälar-energi 2014, s. 21) och antogs under våren. Det visar att frågan aktualiserats men att det samtidigt kan betraktas som relativt nytt område. Ett brett erfarenhetsutbyte är viktigt för att hitta lösningar som fungerar tillfredsställande och kan användas som referensexempel. En digital exempelbank på kommunal eller nationell nivå med realiserade projekt skulle underlätta ett sådant erfarenhetsutbyte. Utländska exempel på sådana finns, som den danska hemsidan LAR i Danmark (www.laridanmark.dk). Det behövs också grundläggande kunskaper om hållbar dagvattenhantering hos alla inblandade parter på både politisk nivå liksom hos beställare, projektörer och anläggare. I Norra Djurgårdsstaden används planeringsverktyget Grönytefaktorn för att säkerställa en hög andel gröna ytor inom området där dagvattenhanteringen utgör en betydande del. Lösningar som främjar social hållbarhet, biologisk mångfald och klimatanpassning lyfts fram och att ha en integrerad syn är viktigt vid all utformning. Vid större projekt kan ett planeringsverktyg tydliggöra gemensamma intentioner och riktlinjer men kräver också ett tidigt initiativ och en hög ambitionsnivå.

Framtida frågeställningar

En fråga som dykt upp under arbetets gång handlar om lämpliga tätskikt och vilka andra material som skulle kunna användas för att skapa täta dagvattenlösningar. Hur olika material och utformningar står sig över tid liksom andra aspekter som kan styra val av lösning är frågor

som kan studeras vidare. För vilka dagvattenlösningar som det är effektivt att använda tätskikt och underliggande dränering, utifrån vunnit fördröjningsvolym i relation till anläggningsarbete och livslängd, är en tänkbar frågeställning.

Generellt finns det begränsat med sammanställd information kring hur växtbäddar i dagvattenhanteringen ska utformas för att bli robusta lösningar anpassade för ett svenskt klimat. Växtbäddsuppbyggnad, lämpligt växtmaterial för svenska förhållanden liksom för god reningseffekt och hur lösningarna kan gestaltas för att klara årstidsvariationer är aspekter som kan utvärderas. Jag tror att mycket kunskap finns men att erfarenhetsutbytet inom området många gånger kan bli bättre.

Jag har inte fördjupat mig i möjligheterna att styra dagvattenhanteringen i planeringsprocessen, men det är en relevant frågeställning. Vilka krav som kan ställas i de olika plandokumenterna och hur dagvattenhanteringen regleras inom olika kommuner är frågor för vidare studier.

Slutord

Arbetet har bidragit till en fördjupad förståelse för dagvattenhantering i stort och möjliga lösningar både för områden med och utan markföroreningar. Jag upplever att det i Kopparlunden finns goda möjligheter att skapa en mer klimatanpassad stadsdel och en integrerad dagvattenhantering trots en framtida tät struktur och markföroreningar. Att arbeta med öppna dagvattenlösningar som ett sätt att klimatanpassa stadsmiljön och hantera extrema regn på ett sätt som skapar mervärden är en viktig utgångspunkt och något som jag tar med mig i mitt fortsatta arbete.

REFERENSER

Skriftliga källor

- Backhaus, A., Dam, T. & Bergen J, M. (2012) Stormwater management challenges as revealed through a design experiment with professional landscape architects. *Urban Water Journal*, vol. 9:1, ss. 29-43. Tillgänglig: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1573062X.2011.633613#.U2eFb_mSwlw [2014-02-06]
- Boverket (2010) *Mångfunktionella ytor - Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur* Tillgänglig: http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2010/Mangfunktionella_ytor.pdf [2014-01-30]
- Ciria (2007) *The SUDS Manual* Tillgänglig: <http://www.persona.uk.com/a47postwick/deposit-docs/DD-181.pdf> [2014-03-26]
- Clean water program (2013) *C.3 Stormwater Technical Guidance - A handbook for developers, builders and project applicants* Tillgänglig: [http://www.cleanwaterprogram.org/uploads/C3%20Technical%20Guidance%20May%202013%20\(low%20res\).pdf](http://www.cleanwaterprogram.org/uploads/C3%20Technical%20Guidance%20May%202013%20(low%20res).pdf) [2014-03-26]
- Community Design + Architecture, Nelson\Nygaard Consulting Associates & Philip Williams Associates. (2005). *Stormwater Guidelines for Green, Dense Redevelopment* Tillgänglig: http://www.epa.gov/smartgrowth/pdf/Stormwater_Guidelines.pdf [2014-02-12]
- Environmental Protection Agency (EPA) (2013) *Implementing Stormwater Infiltration Practices at Vacant Parcels and Brownfield Sites* Tillgänglig: <http://www.epa.state.il.us/water/watershed/publications/implementing-stormwater-infiltration-practices.pdf> [2014-02-12]
- Environmental Protection Agency (EPA) (2008) *Design Principles for Stormwater Management on Compacted, Contaminated Soils in Dense Urban Areas* Tillgänglig: <http://www.epa.gov/brown-fields/tools/swdp0408.pdf> [2012-02-12]
- Geosigma (2013) *Dagvattenutredning Kopparlunden, Västerås*. [Opublicerat manuskript.]
- Friends of Five Creeks (u.å) *Emeryville, Glashaus and Oak Walk* Tillgänglig: <http://bluegreenbldg.org/biofilters-dense-housing/glashaus/> [2014-02-17]
- Naturvårdsverket och Boverket (2006) *Förordnade områden och fysisk planering* Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/5600/91-620-5608-5/> [2014-03-10]
- Naturvårdsverket (2009) *Att välja efterbehandlingsåtgärd - En vägledning från övergripande till mätbara åtgärds mål* Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/5900/978-91-620-5978-1/> [2014-03-10]
- Norges vassdrags- og energidirektorat (2013) *Anlegging av regnbed En billedkavalkade over 4 anlagte regnbed* Tillgänglig: http://dagvatten-guiden.se/wp-content/uploads/2013/04/Regnbed-Rain-Garden_20131.pdf [2014-05-12]
- Nyréns arkitektkontor (2013) *Kopparlunden 2026 Stadsbyggnadsvision sammanfattning av designdialog 2013* Tillgänglig: <http://www.vasteras.se/bobygga/vasterasbygger/kopparlunden/Sidor/kopparlunden.aspx> [2014-01-30]
- Rutgers (2013) *Green Infrastructure Practices: Tree Boxes* Tillgänglig: <https://njaes.rutgers.edu/pubs/fs1209/> [2014-03-26]
- Schultze-Allen, P. (2007) *Emeryville blue and green solutions* Tillgänglig: http://www.scvurppp-w2k.com/workshop_june_14_2007/Peter_Schultze-Allen.pdf [2014-02-17]
- SMHI (2009) *Klimatscenarier* Tillgänglig: <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatscenarier-1.3850> [2014-03-26]
- Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering: planering och exempel*. Stockholm: Svenskt Vatten
- Stockholms Läns Landsting (2009) *Riktvärdesgruppen Regionplane- och trafikkontoret, Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp* Tillgänglig: http://stormtac.com/admin/Uploads/Riktvarden_dagvatten_feb_2009.pdf [2014-03-12]
- Stockholm stad (2010) *Övergripande program för miljö och hållbar stadsutveckling i Norra Djurgårdsstaden* Tillgänglig: <http://bygg.stockholm.se/Alla-projekt/norra-djurgardsstaden/> [2014-02-20]
- Stockholm stad (2011a) *Norra Djurgårdsstaden Grönytefaktor Hjorthagen*. Tillgänglig: <http://www.stockholm.se/PageFiles/64797/Gr%C3%B6nytefaktor.pdf> [2014-02-20]
- Stockholm Stad (2011b) *Norra Djurgårdsstaden Dagvattenstrategi Utredning Exploateringskontoret* [Opublicerat manuskript]
- Stockholm stad (2012) *Planbeskrivning Detaljplan för del av Norra Djurgårdsstaden – Norra 2* Tillgänglig: <http://bygg.stockholm.se/Alla-projekt/norra-djurgardsstaden/Flytta-hit/Hjorthagen/Norra-2/> [2014-01-30]
- Stockholm stad (2013) *Kvalitetsprogram för gestaltning Dnr 2009-18084-54 Augusti 2013*
- NORRA DJURGÅRDSSTADEN Etapp 2 Norra 2 Tillgänglig: <http://bygg.stockholm.se/Alla-projekt/norra-djurgardsstaden/Flytta-hit/Hjorthagen/Norra-2/> [2014-02-12]
- Stockholm stad (2014) *Hållbarhetsarbetet i Norra Djurgårdsstaden - En översikt januari 2014* Tillgänglig: <http://bygg.stockholm.se/Alla-projekt/norra-djurgardsstaden/> [2014-02-20]
- Stockholm Stad Trafikkontoret (2009) *Växtbäddar i Stockholm stad - En handbok* Tillgänglig: <http://www.stockholm.se/KulturFritid/Park-och-natur/Trad/> [2014-01-30]
- Svenskt vatten (2011) *Hållbar dag- och dränvattenhantering – Råd vid planering och utformning* Solna: Svenskt Vatten
- Sweco (2011) *Norra Djurgårdsstaden dagvattenstrategi – riktlinjer och principlösningar* Tillgänglig: <http://www.stockholm.se/PageFiles/270359/NDS%20BROF%C3%84STET/Dagvattenstrategi%20f%C3%B6r%20Norra%20Djurg%C3%A5rdsstaden%201%200%20111007.pdf> [2014-01-30]
- Västerås stad (2012) *Västerås Översiktsplan 2026 med utblick mot 2050* Tillgänglig: <http://www.vasteras.se/Tvarsnittsdokument/Byggnadsn%C3%A4mnd/%C3%96P2026%20Antagen.pdf> [2014-02-25]
- Västerås stad (2014a) *Planprogram Kopparlunden Samrådshandling 2014-04-14* Tillgänglig: <http://www.vasteras.se/bobygga/vasterasbygger/kopparlunden/Sidor/kopparlunden.aspx> [2014-05-05]
- Västerås stad (2014b) *Dagvattenpolicy i Västerås* Tillgänglig: <http://www.malarenergi.se/Documents/va/Dagvattenpolicy.pdf> [2014-05-05]

Västerås stad, Mälarenergi (2014) *Handlingplan för dagvatten i Västerås* Tillgänglig: <http://www.malarenergi.se/Documents/va/Handlingsplan.pdf> [2014-05-05]

Figurförteckning

Författaren har tillstånd av upphovsrättsinnehavaren för samtliga foton och illustrationer. För foton och illustrationer som inte inkluderats här står författaren som upphovsman.

2. Foto: Sofia Sjödin (2012) Dagvattenhantering i Västra Hamnen
4. Foto: Sofia Sjödin (2012) Dagvattendamm
6. Illustration: Sweco (2011) Dagvattenhantering Norra Djurgårdsstaden.
7. Illustration: Sweco (2011) Sektion lokalgata.
8. Illustration: Sweco (2011) Växtbäddar lokalgata.
9. Illustration: Sweco (2011) Sektion Erik Dahlbergsgatan.
10. Illustration: Sweco (2011) Växtbäddar Norra Djurgårdsstaden.
11. Illustration: Urbio (2013) Gårdsmiljö Kvarter Stora Sjöfallet
12. Illustration: Urbio (2013) Regnskördartunna
16. Foto: Friends of Five Creeks (2011) Svackdike Glashaus Development <http://bluegreenbldg.org/>
17. Foto: Friends of Five Creeks (2011) Svackdike Glashaus Development <http://bluegreenbldg.org/>
18. Foto: Friends of Five Creeks (2011) Svackdike Glashaus Development <http://bluegreenbldg.org/>
19. Foto: Peter Schultze-Allen (2006) Underliggande dränering planter
20. Foto: Friends of Five Creeks (2011) Svackdike

Glashaus Development <http://bluegreenbldg.org/>

21. Foto: Friends of Five Creeks (2011) Oak Walk <http://bluegreenbldg.org/>
22. Foto: Friends of Five Creeks (2011) Oak Walk <http://bluegreenbldg.org/>
23. Kartunderlag: Ortofoto © Lantmäteriet, i2012/107
26. Kartunderlag: Ortofoto © Lantmäteriet, i2012/107
51. Foto: Sofia Sjödin (2012) Kontrollerad översvämningssyta
57. Foto: NLA Bagale GREENinc (2012) Vattenspegel
58. © Joshua Hackett (2014) <https://www.flickr.com/photos/jhackett93/13951775169> Licens: Creative Commons CC BY-NC-SA 2.0
59. Foto: Kristin Träff (2012) Uppsamlingspunkt
62. Foto: GHD (2010) Edinburgh rain garden Design: Steve Hansen
63. © Chris Kreussling (2012) <https://www.flickr.com/photos/flatbushgardener/9231523377/in/photostream/> Licens: Creative Commons CC BY-NC-ND 2.0
67. Illustration: DE URBANISTEN (2007) Tillfällig uppsamlingsyta
70. © Thomas Le Ngo (2006) <https://www.flickr.com/photos/thomasngo/226834211> Licens: Creative Commons CC BY-NC-ND 2.0
71. © Aaron Volkening (2011) <https://www.flickr.com/photos/87297882@N03/8183562023> Creative Commons Licens: CC BY 2.0
74. Västra hamnen La Citta Vita (2011) <https://www.flickr.com/photos/la-citta-vita/5977751911>

Licens: Creative Commons CC BY-SA 2.0

75. © Seuss (2009) <https://www.flickr.com/photos/90124154@N00/3299006798/in/photo-stream/> Creative commons Licens: CC BY-NC-ND 2.0

76. © Lisa B <https://www.flickr.com/search/?w=88364173@N00&q=green%20roof> Creative commons Licens: CC BY-NC 2.0

I många av illustrationerna skapade av författaren används material från skalgubbar.se ett fritt arkiv med bilder till visualiseringar.

© Teodor Javanaud Emdén www.skalgubbar.se
Creative Commons Licens: CC BY 3.0